

Der Stationsplatz und die steinerne Brücke zu Steinbrück.

Von Ferdinand Hoffmann,

k. k. Staatseisenbahn-Bauinspector.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr 9 bis 17.)

(Schluss.)

8. Die Brücke über den Sannfluss, so wie sie thatsächlich ausgeführt worden ist, und die hiebei in Verwendung gekommenen Lehrgerüste, Fangdämme und Gewölbsquaden-Transportgerüste sind auf Bl. Nr. 14 und 15 dargestellt, und es wird nunmehr zu dem Geschichtlichen des Entwurfes und Baues dieser Brücke übergegangen.

Wie schon früher erwähnt worden ist, wurde erst das dritte der für den Bau dieser Brücke verfassten Projecte als allen baulichen Anforderungen entsprechend befunden, und es dürfte sonach nicht ohne Interesse sein, auch zur Kenntniss der beiden als ungenügend erkannten vorhergehenden Projecte zu gelangen, deren erstes von mir als damaligem bauleitenden Ober-Ingenieur der Cilli-Laibacher Bahnstrecke, das andere bei der damaligen k. k. General-Direction der Staatseisenbahnbauten entworfen, und, wie das von mir verfasste, von derselben verworfen, mir aber nach der Hand zu dem Ende zugesendet worden ist, um das Princip, an welchem bei dem Entwurfe dieser in einem Bogen liegenden Brücke festgehalten werden soll, kennen zu lernen, und unter Festhaltung an demselben allenfalls ein drittes Project auszuarbeiten; nur durch eine Vergleichung dieser verschiedenen Projecte treten die bei dessen Ausarbeitung obgewalteten Constructions-Eigenthümlichkeiten in genügender Weise hervor.

Nachdem sich diese Constructions-Eigenthümlichkeiten übrigens lediglich auf den Grundriss oder die Horizontal-Projection der Brücke beziehen, wird sich hier auch nur auf die Mittheilung und Besprechung dieser verschiedenen Grundrisse beschränkt werden.

Vor dem Entwurfe der Brücke wurde als hiebei zu erfüllende Anforderung bedungen dass diese Brücke drei Oeffnungen erhalten soll, deren Spannweiten in der Bahnachse gemessen 12 Klafter zu betragen, und deren Einwölbungen $\frac{1}{2}$ dieser Spannweite, oder $2^{\circ} 2' 6''$ als Pfeilhöhe zu erhalten hatten; die Breite der Brücke zwischen den beiderseits mit $18''$ Dicke zu beantragenden Parapetmauern ist mit Rücksicht auf den Bogen, in welchem die Geleise zu führen sein würden, auf $4^{\circ} 3'$ festgestellt worden; die Land- und Mittelpfeiler sollten möglichst gleichlaufend zur Mittellinie des Sannflusses zu stehen kommen, welch letztere von dem, in der Mitte der neu zu erbauenden Sannbrücke gezogen gedachtem Halbmesser des, die Bahnachse bildenden Bogens um 25° Grade abweichend befunden worden ist.

9. Auf diese Anhaltspunkte hin habe ich bei dem von mir verfasstem Projecte, wie diess auf Bl. Nr. 16 sub A dargestellt erscheint, in den die mittlere Spannweite bedingenden beiden Punkten *c* und *d*, welche sonach 12 Klafter weit von einander abstehen, dann in einer Entfernung von $2^{\circ} 4'$ und $4''$ beiderseits dieser Punkte durch diese, die Pfeilerstärke bedingenden Punkte *b* und *e*, und endlich durch die, von diesen

Puncten abermals um 12° in der Bahnachse abstehenden Punkte *a* und *f* gleichlaufende Linien gezogen zu der um 25° Grade von der radialen Stellung abweichenden Flussmittellinie *PQ*, sofort rechts und links der Sehne *ab* in der senkrechten Entfernung von $2^{\circ} 3'$ die zu dieser Sehne parallelen Stirnlinien gezogen; die Durchschnittspunkte dieser Stirnlinien der ersten Brückenöffnung mit der Mittellinie des ersten Pfeilers bildeten die Ausgangspunkte für die zur Sehne *cd* des zweiten Bogens gleichlaufenden Stirnlinien, und der Durchschnitt dieser mit der Mittellinie des zweiten Pfeilers die Ausgangspunkte für die zur Sehne *ef* gleichlaufend gezogenen Stirnlinien der dritten Brückenöffnung; nach diesem Projecte hätten also die beiden Mittelpfeiler eine ihrer ganzen Länge nach gleiche Stärke erhalten.

Letzterer Umstand wurde insofern als inconstructiv befunden, als bei den in einem Bogen zu erbauenden Viaducten und Brücken, wenn die localen Verhältnisse eine radiale Stellung der Pfeiler zulassen, letztere von der concaven gegen die convexe Seite des Bogens um so viel an Dicke zunehmen müssen, dass beiderseits eine gleiche Spannweite für die Einwölbung sich ergebe, und als sonach dort, wo eine Abweichung der Pfeiler von der radialen Stellung Platz zu greifen hat, eine Gleichförmigkeit in den einzelnen Viaducts- oder Brückengewölben in ähnlicher Weise erzielt werden soll.

In der That hat der meinem Projecte zu Grunde gelegene Grundriss die Unzukömmlichkeit, dass hiernach die Scheitellinie des ersten Gewölbes um 33° Grade 26° Min. 21° Sec., jene des zweiten um die bedungenen 25° Grade, und die des dritten um 16° Grade 33° Min. 39° Sec. von der radialen Stellung abweicht, dass sonach für jedes der betreffenden Gewölbe eine andere Construction der Anlaufsteine und der Gewölbesteine nothwendig geworden wäre: auch hätten die einzelnen Gewölbe nicht gleiche senkrechte Spannweiten erhalten, da sie im ersten Brückenfelde $10,01$ Klafter, im zweiten $10,88$ Klafter, und im dritten $11,50$ Klafter betragen hätte: endlich wäre dabei eine unliebsame Verbreiterung der Brücke von Brückenfeld zu Brückenfeld unvermeidlich geworden, da die Brücke hiernach im ersten Brückenfelde einschliesslich der Parapetmauern zwar die bedungene Breite von 5 Klaftern, im Folgenden schon eine Breite von $5,2$ Klaftern, im letzten aber eine Breite von $5,5$ Klaftern erhalten haben würde.

Den Unzukömmlichkeiten einer ungleichförmigen Abweichung der Gewölbscheitellinien von der radialen Stellung ist nun zwar durch das bei der k. k. Central-Direction verfasste und auf Bl. Nr. 16 sub B im Grundrisse dargestellte Project abgeholfen worden; aber auch bei diesem hätte für jedes Gewölbe eine andere Construction der Anlauf- und Gewölbssteine deswegen Platz greifen müssen, weil damit noch immer nicht für alle drei Gewölbe einerlei Gewölbsbreite erreicht worden ist: im Gegentheile würde nach diesem Projecte die Brückenbreite vom linken gegen das rechte Sannufer noch erheblicher zugenommen haben, als es bei dem von mir ausgearbeiteten Projecte der Fall gewesen wäre, da sie nach dem eben in Rede stehenden Projecte im ersten Brückenfelde zwar $5,0$ Klafter, im zweiten aber $5,3$ Klafter, im dritten endlich $5,7$ Klafter betragen hätte.

Nachdem nun lediglich die eben besprochene bedeutende Ungleichheit der Brückenbreiten der Stein des Anstosses war, ob welchem dieses Project als unannehmbar befunden worden ist, habe ich, nachdem mir dasselbe zugekommen war, demselben dadurch abzuhelpen gesucht, dass ich den Durchschnitt je zweier aufeinander folgenden Stirnebenen von der Mittellinie der Pfeiler auf die Kante derselben, und zwar, wie diess aus dem auf Bl. Nr. 16 sub *C* dargestellten Grundrisse hervorgeht, auf je zwei einander diagonal gegenüber liegende Punkte verlegt habe: hiedurch wurde die Ungleichheit in den Brückenbreiten auf ein sehr geringes Maass zurückgeführt, indem sie sich hiernach für das erste Brückenfeld mit $5^{\circ} 0' 4''$, für das zweite mit $5^{\circ} 0' 0''$, und für das dritte mit $4^{\circ} 5' 8''$ ergeben hat.

Nach Vornahme dieser geringen Modification hat das sonst beibehaltene zweite Project keinerlei Beanständigung mehr erfahren, und es ist sofort zur Ausführung desselben nach dem genehmigten Plane geschritten worden.

Erst im Verlaufe der Bauausführung, jedoch noch geraume Zeit vor dem Beginne der Einwölbung hat es sich als erwünscht herausgestellt, den Durchschnittspunct der Stirnlinien je zweier aufeinander folgenden Stirnflächen von der Kante der Pfeiler soweit nach einwärts zu verschieben, dass der ausserhalb der Pfeilerkappe noch sichtbare Theil der Gewölbsanlaufsteine mit den übrigen Gewölbssteinen in einer und derselben Ebene liegend sich ergebe; indem man, um dieses zu erreichen, mit den Stirnlinien des ersten oder linksseitigen Gewölbes etwas nach einwärts, und mit jenen des dritten oder rechtsseitigen Gewölbes etwas nach auswärts gerückt ist, wurde endlich für alle drei Gewölbe die gleiche Breite von 5 Klaftern erreicht, und es ist dann die Ausführung der Gewölbe im Sinne dieser letzten Modification bewirkt worden.

10. Wie aus der auf Bl. Nr. 14 enthaltenen Darstellung der ausgeführten Brücke ersichtlich ist, stehen die ganz aus Quadern ausgeführten Pfeiler auf Felsen, hiedurch ist eine nicht gewöhnliche Construction für den Fangdamm bei dem Baue des zweiten oder westlichen Mittelpfeilers nothwendig geworden, welche auf Bl. Nr. 15 dargestellt erscheint. Es wurden nämlich von 9 zu 9 Fuss in zu diesem Ende vorgebohrte Löcher Eisenstangen in die felsige Flusssohle eingetrieben, welche bei 12 Fuss Länge $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hatten; sie bildeten zwei, in einer Entfernung von 7 Fuss mit einander parallel laufende, und der Pfeilerform entsprechend gebrochene oder Polygonallinien. Nachdem dieselben feststanden wurden $\frac{1}{2}$ zöllige Langschwellen, mit vorher in dieselben der Stellung der Eisenstangen entsprechend vorgebohrten Löchern, über dieselben getrieben, deren untere bis nahe an die Flusssohle hinabgedrückt, die andere aber durch 6 Fuss hohe, auf ersterer aufgestellte Stuhlsäulen 6 Fuss hoch über der unteren erhalten worden ist. Die Schwellen haben zur Befestigung der Bediehlung gedient, welche aus vertical stehenden und möglichst fest auf der thunlichst abgeebneten Flusssohle aufsitzen gemachten, 2 Zoll dicken Pfosten bestanden hat; diese Pfostenwände wurden bei der inneren Fangdammswand beiderseits, bei der äusseren Fangdammswand aber bloß einerseits der Langschwellen angearbeitet,

die einzelnen Pfosten wurden durch darüber der Länge nach in der Linie der Langschwellen fortlaufende Leistenpfosten festgehalten, welche letztere durch grosse Bodennägel mit den Langschwellen verbunden wurden.

Zur Verdämmung innerhalb der Pfostenwände ist Lehm verwendet worden, nachdem vorher alles Andere auf den Felsen vorfindig gewesene Schottermaterialie sorgfältigst beseitigt worden war. Zur grösseren Sicherheit des Fangdamms wurde an dessen Aussenseite auch ein Steinwurf angearbeitet.

Der so hergestellte Fangdamm hat sich als vollkommen ausreichend bewährt.

In ähnlicher Weise wurde der Fangdamm für die Fundirung des andern Mittelpfeilers ausgeführt, nur dass bei demselben statt der Eisenstangen hölzerne Piloten in die zureichend mächtig auf dem Felsen gelagert gewesene Schotter-schichte eingetrieben worden sind, deren eiserne Schuhe ein wenig in die obere morsche Felsenoberfläche eingreifen.

11. In Gewärtigung einer Setzung der Gewölbe von ohngefähr 6 Zoll wurde das zur Herstellung derselben erforderliche Lehrgerüste für eine Pfeilhöhe von 2 Klafter 3 Fuss abgebunden; die Construction desselben ist auf Bl. Nr. 15 dargestellt; eine Eigenthümlichkeit desselben besteht darin, dass, um das Aufsteigen des Scheitels dieses Gerüsts bei fortschreitender Einwölbung zu erschweren, dieser Scheitel durch Hängsäulen und an ihrem unteren Theil befestigte die Bundträme umfassende eiserne Bänder derart mit den Bundträmen verbunden worden ist, dass sich die Hängsäulen zwar senken, aber nicht erheben konnten, ohne ein Heben der Bundträme zu bewirken, welches letzteres dadurch verhindert wurde, dass ein in der Mitte der Bundträme aufgelegter Brustriegel durch Spannstreben mit den früher belastet werdenden unteren Theilen des Lehrgerüsts verstrebt worden ist, eine Anordnung, welche bei der fortschreitenden Einwölbung ein provisorisches Beschweren des Scheitels in einem nur sehr geringem Umfange nothwendig gemacht hat. In ähnlicher Weise sind sämmtliche Hängsäulen, die übrigen jedoch durch beiderseits derselben angebrachte 2zöllige Pfosten mit den Bundträmen verbunden worden, indem zwischen diesen Pfosten unterhalb der Bundträme Holzklötze eingelegt worden sind, welche, an den Bundträmen fest anliegend, das Aufsteigen der Hängsäulen verhinderten, während ihrer Senkung, da zwischen ihren Fusspuncten und den Bundträmen ein 3zölliger Spielraum gelassen wurde, nichts im Wege stand.

12. Mit Rücksicht auf die dem Lehrgerüste gegebene Pfeilhöhe ergaben sich die, die Construction der Anlauf- und der Gewölbssteine des Brückengewölbes *KPQTSL* Fig. 1, Bl. Nr. 16 bedingenden Grössen in folgender Weise:

Im senkrechten Schnitte ein Kreissegment

PQR Figur 3 Bl. Nr. 16 bildend, dessen

Spannweite $PR = c = 72 \cos 25^{\circ} = 65,2536$ Fuss,

und dessen Pfeilhöhe $SQ = f = 15,00$ „

beträgt, ergibt sich der Halbmesser des Gewölbes $PT = TR = r$ mit $42,9836$ „

Hieraus findet man als Mittelpunctswinkel $PTR = \gamma$

$= 98^{\circ} 45' 48''$

und als Bogenlänge $PQR = a = 74,0907$ Fuss.

Fällt man vom Punkte C der Horizontalen Projection $ADCB$ Fig. 2 des Gewölbes auf die gegenüberliegende Widerlagslinie DA die Senkrechte CG , so ist der Winkel $DCG = ADK = \delta \dots = 25^\circ 0' 0''$ nämlich gleich dem Abweichungswinkel der Gewölbsscheitellinie von der radialen Lage.

Aus der senkrechten Brückenbreite $DK = b \dots = 30,00$ Fuss ergibt sich die Widerlagslänge $AD = BC = l = 33,1016$ „

Denkt man sich die Gewölbsfläche developpirt, so fällt der Fusspunct R Fig. 3 des durch C geführt gedachten senkrechten Schnittes PQR in die Verlängerung der Geraden GC nach F , und es ist in Fig 2 $GF = \text{arc. } PQR = a \dots = 74,0907$ „

Verbindet man den Punct F mit dem Puncte D durch die Gerade DF , und fällt man von A hierauf die Senkrechte AH , so ist der Anlaufs- oder Intrados-Winkel $DAH = \beta \dots = 22^\circ 19' 40''$ indem er durch die Gleichung:

$$\tan \beta = \frac{c \tan \delta}{a}$$

bedingt ist, in welcher statt c , δ und a die nach dem bisher Gesagten hiefür entfallenden Grössen einzuführen sind.

Hiernach war bei der Feststellung der ungeraden Anzahl der Gewölbsstirnsteine dahin zu trachten, dass einer der Theilungspuncte der Geraden DF möglichst nahe an den Punct H zu liegen komme, damit er mit dem Puncte A verbunden, eine Lagerfugenlinie gebe, die mit der Widerlagslinie AD einen dem berechneten theoretischen Intrados-Winkel möglichst nahe kommenden Winkel bilde.

Nun ist aber die Länge der Geraden $DF = a \sec \beta = 81,75$ Fuss.

Bei 41 Gewölbsstirnsteinen hätte sonach die Breite eines Steines mit 23,94 Zoll sich ergeben; es ist aber der dem theoretischen Intrados-Winkel von $22^\circ 19' 40''$ entsprechende Abstand DH des Punctes H vom Puncte $D = l \sin \beta = 12,575$ Fuss.

Unter Beibehaltung der eben berechneten Gewölbssteinbreiten würde der Abstand des 6. Theilungspunctes vom Puncte D statt der bedungenen Entfernung von $\dots 150,9$ Zoll bloss $\dots 143,64$ „ und jener des 7. Theilungspunctes $\dots 167,58$ „ betragen haben.

Bei 43 Gewölbssteinen ergibt sich die Breite eines Steines mit 22,83 Zoll; bei solcher Eintheilung liegt der 7. Theilungspunct vom Puncte D um $\dots 159,81$ Zoll ab, er kommt also demselben bedeutend näher als in den zwei vorhergehenden Fällen.

Ein noch näheres Zusammenfallen wäre zwar erreicht worden, wenn die Anzahl der Gewölbsstirnsteine auf 45 festgestellt worden wäre, weil alsdann der 7. Theilungspunct auf 152,67 Zoll vom Puncte D entfernt gefallen wäre; es wurde jedoch die vorhergehende Eintheilung beibehalten, weil man

nicht bis zu einer Gewölbssteinsdicke von 21,81 Zoll herabgehen wollte.

Indem nunmehr in dem Dreiecke ADH' Fig. 4 die Seite $AD = l = 33,1016$ Fuss, die Seite $DH' =$ der Breite von 7 Gewölbssteinen $= 31,3175$ Fuss, und der Winkel $ADH' = 90^\circ - AFD = 90^\circ - \beta = 90^\circ - (22^\circ 19' 40'') = 67^\circ 40' 20''$ gegeben war, ergab sich der, der Construction der Anlauf- und der Gewölbssteine zu Grunde zu legende Intradoswinkel $DAH' = \beta' = 23^\circ 44' 20''$, also nur $1^\circ 20' 40''$ grösser als der theoretische Intrados-Winkel; dagegen entfallen für den Winkel $AH'D$ statt eines rechten Winkels bloss $88^\circ 35' 20''$; die Länge der dritten Seite AH' aber beträgt 30,6014 Fuss, und jene jedes einzelnen Anlaufsteines, in der Richtung der Widerlagslinie AD gemessen, 4,7288 Fuss.

Der Extrados-Winkel, d. i. jener Winkel, welchen die Lagerfugenlinien der Gewölbs-Extradosfläche im Developpement derselben mit der äusseren Gewölbsanlaufslinie bilden, ergibt sich aus der Gleichung:

$$\tan \psi = \frac{r + e}{r} \tan \beta$$

für den Fall, als die Lagerfugenlinien der Intradosfläche senkrecht wären auf die Sehne der abgewickelten Intrados-Stirnlilie, mit $\psi = 24^\circ 2' 10''$.

Es bezeichnet nämlich in dieser Gleichung r den Halbmesser des senkrechten Schnittes, e die senkrechte Dicke des Gewölbes, und β den theoretischen Intradoswinkel, es ist also

$$r = 42,983 \text{ Fuss,}$$

$$e = 4,0 \text{ Fuss,}$$

$$\beta = 22^\circ 19' 40'',$$

ψ der in Frage stehende Winkel.

Insofern aber dem ausgeführten Gewölbe der Intradoswinkel $\beta' = 23^\circ 44' 20''$ zu Grunde gelegt worden ist, ergibt sich der Winkel ψ' , welchen die Lagerfugenlinien der Extradosfläche mit der Gewölbsanlaufslinie bilden, aus der Gleichung:

$$\tan \psi' = \frac{r + e}{r} \tan \beta'$$

indem man statt r und e die obigen, und statt β' den letzteren Intradoswinkel einführt, mit $\psi' = 25^\circ 40' 14''$.

Aus den bisher ermittelten Grössen wird der excentrisch liegende Punct E Bl. Nr. 17, in welchem alle Stirnfugenlinien des durch zwei Ellipsensegmente begrenzten Stirngewölbskranzes zusammenlaufen, aus der Gleichung:

$$d = r \tan \delta \tan \psi',$$

in welcher d die Grösse ME , um welche der fragliche Punct E tiefer liegt, als der Mittelpunkt eines, durch den Scheitel der Stirnlilie geführt gedachten senkrechten Schnittes, bezeichnet, gefunden mit 9,6344 Fuss.

Hiemit waren denn sämtliche zur Verfassung des Detailprojectes und zur Bestimmung der Form der Anlaufs- und der Gewölbssteine erforderlichen Grössen ermittelt.

13. Indem ich mir vorbehalte, gelegentlich auch Mittheilungen nachfolgen zu lassen über die Ausmittlung der Form der Anlaufssteine und jener der Gewölbssteine, beschränke ich mich vorläufig auf die Erläuterung der auf Bl. Nr. 17 enthaltenen Darsstellung des Grund- und Aufrisses der ausge-

fürten Gewölbe, und des Developpements der Intradosfläche einer Gewölbshälfte.

In den auf diesem Blatte durchgeführten Constructionen bezeichnet $ABCD$ die Horizontalprojection oder den Grundriss der linkseitigen Gewölbshälften; es ist sonach $AD = 36$ Fuss; $AB = 33,1016$ Fuss; $AK = 30,0$ Fuss; der Winkel $KAB = 25$ Grad. Die Gerade AF ist senkrecht auf die Gewölbsanlaufs- und Widerlagslinie AB und gleich der halben Spannweite des senkrechten Schnittes $= 32,6268$ Fuss; FG , senkrecht auf AF , ist $= 15$ Fuss $=$ der Pfeilhöhe der ausgeführten Gewölbe; $GJ = 4$ Fuss $=$ der Gewölbsstärke im senkrechten Schnitte. $HAGJ$ stellt einen senkrechten Durchschnitte dieser Gewölbe dar; es ist sonach der Halbmesser des Bogens $AG = 42,9836$ Fuss, und jener des Bogens $HJ = 46,9836$ Fuss; die Länge des Bogens AG beträgt $37,0453$ Fuss. Zieht man durch den Punct H die Gerade NO gleichlaufend zu AB , so bildet $NOAB$ die Anlaufs- oder Lagerfläche der in Rede stehenden Gewölbshälfte.

Um die Vertical-Projection der Stirnseite des Gewölbes zu erhalten, wurde der Bogen AG in 10 gleiche Theile getheilt, und durch jeden Theilungspunct m, n, \dots eine Senkrechte mm', nn', \dots auf AF errichtet; in den Durchschnittspuncten m'', n'', \dots dieser Senkrechten mit der Geraden AD wurden die Verticalen $m''m''', n''n''', \dots$ senkrecht auf AD gezogen, und auf letzteren von KC ab die Höhen, in welchen die einzelnen Puncte m, n, \dots senkrecht über der Geraden AF liegen, aufgetragen, also $m'''m'' = mm'$, $n'''n'' = nn'$, \dots gemacht. Die so gefundenen Puncte mit einander, und ihr erster und letzter mit K und L , dem Gewölbsanlaufs- und dem Gewölbsstirn- oder Gewölbsstirn- und dem Gewölbsstirn- mittelst Curvenlineales verbunden geben die elliptische Intradoslinie KL . In analoger Weise wurde die elliptische Extradoslinie PQ gefunden.

Das Developpement der Intradosfläche ergibt sich, indem man durch den Punct D die Gerade DR senkrecht auf AB zieht, und auf derselben $RS = \text{arc. } AG = 37,0453$ Fuss macht; offenbar ist alsdann S der developpirte Scheitelpunct der Intrados- oder unteren Stirnlinie des Gewölbes.

Fällt man nun nebstdem von jedem der Puncte m', n', \dots auf AR die Perpendikulären $m''m'', n''n'', \dots$, theilt man ferner die Gerade RS in 10 gleiche Theile, so geben die zusammen gehörigen Durchschnittspuncte der durch diese Theilungspuncte zu AB gezogenen Gleichlaufenden mit jenen Perpendikeln die developpirte Lage der Puncte m''', n''', \dots der Gewölbsstirnlinie KL , und sofort unter einander und mit den Puncten A und S mittelst eines Curvenlineales verbunden, die developpirte Stirnlinie selbst.

Zieht man durch den Punct S die Gerade ST gleichlaufend zu AB , und macht man $ST = DC = AB$, so ist ST die developpirte Gewölbsstirnlinie DC ; verbindet man den Punct T mit dem Puncte B , so ist BT gleich und gleichlaufend mit AS die Sehne des Developpement's der zweiten, auf der anderen Seite der Brücke befindlichen Intrados-Stirnlinie, dessen einzelne Puncte sich ergeben, indem man durch die einzelnen Theilungspuncte der Geraden RS parallele Linien zu AB zieht, und auf jeder derselben dasselbe Maass von BC nach einwärts aufträgt, um welches die in diesen

Linien liegenden Puncte der developpirten vorderen Stirnlinie über die Gerade AS hinausreichen.

Die eben erwähnte Sehne AS , deren Länge nach dem früher Gesagten $40,875$ Fuss beträgt, in 43 gleiche Theile getheilt, gibt im 14. Theilungspuncte jenen Punct V , welcher mit dem Puncte B verbunden, nach früher Gesagtem den Intradoswinkel $ABV = 23^\circ 44' 20''$ bedingt; die durch den zweiten, vierten, und jeden geraden Theilungspunct zu der Linie BV gezogenen Gleichlaufenden geben die developpirten Lagerfugenlinien der linkseitigen Gewölbshälften.

Die Durchschnittspuncte dieser Lagerfugenlinien mit der developpirten unteren Gewölbsstirnlinie geben die unteren Stossfugnpuncte für die Stirnseite des Gewölbes, und zwar um so genauer, je genauer bei der Developpierung der Intradosstirnlinie vorgegangen worden ist; um sie in die Stirnansicht zu übertragen, fällt man von jedem einzelnen Puncte eine Senkrechte auf die Gerade AB , und errichtet in den Durchschnittspuncten dieser Senkrechten mit der Geraden AD verticale Linien, bis sie die Intradoslinie KL treffen; dorthin, wo diess der Fall ist, fallen die untern Gewölbsstirn-Stossfugnpuncte. Die Lage dieser Stossfugen ergibt sich, indem man die Verticale $LE = 52,6180$ Fuss, nämlich $= LM + ME = r + e = 42,9836 + 9,6344$ Fuss macht, und alle einzelnen Stossfugen nach diesem Puncte convergirend zeichnet.

14. Ganz aus Quadern hergestellt, wurde bei der Herstellung der einzelnen Gewölbe vor der Auflegung jedes Quaders seine eigene und die Lagerfläche des Steines, auf welche er zu liegen kam, mit Kalkmilch überzogen, und auf letztere ein beiderseits getheerter 1½ Linien dicker Pappendeckel aufgelegt; dieses Theeren hatte, nachdem hiezu schwarzer Theer verwendet worden ist, den Uebelstand, dass bei der Compression des Pappendeckels durch das Gewicht der Gewölbsquadern der Theer theilweise ausgepresst, und hiedurch die Intradosfläche sehr verunreinigt wurde.

Die Bearbeitung der Gewölbssteine und ihre Versetzung ist übrigens mit solcher Sorgfalt bewirkt worden, dass statt der angehofften 6zölligen Setzung des Scheitels der Gewölbe, diese bei der vorgenommenen Lüftung aller Lehrgerüste nur 0,4 bis 0,8 Zoll betragen hat; späterhin, nach vollendeter Nachmauerung, Auführung der Parapetmauern, Anarbeitung der Anschüttung oberhalb der Gewölbe und vollendetem Oberbaue wurde die eingetretene Setzung mit 1,2 bis 1,4 Zoll vorgefunden; ein Resultat, mit welchem zufrieden zu sein wohl vollkommen Grund vorhanden war.

15. Bei der Tracirung des Grundrisses für den Bau der Land- und Mittelpfeiler wurde die Sehne ab (Bl. Nr. 16 Grundriss C) des Bogens $abcdef$ als Ausgangslinie benützt für die Absteckung der Winkel afe und baf , daher vorerst die Lage der beiden Puncte a und f , deren Entfernung von einander $41,17$ Fuss betragen musste, auf das Genaueste ermittelt; mit dem auf diesen Puncten aufgestellten Nivellir-Instrumente wurde dann von dieser Linie ab der, der Sehnenlänge $ab = ef = 72$ Fuss entsprechende Winkel $baf = dfa = 8^\circ 26' 21''$ abgesteckt, und in den Richtungen ab und fe diese Sehnenlänge eingemessen, nebstdem aber die Richtung der Anlaufslinien für die Gewölbe fixirt. Sofort auf b und e aufgestellt wurde mit demselben Instrumente zuerst die An-

laufslinie des Gewölbes für jeden Mittelpfeiler, d. i. von ab und ef ab ein Winkel von 65 Graden abgesteckt, sofort aber die Richtung der Geraden bc und ed , unter Abtragung des Winkels, welchen dieselben mit den nach rückwärts verlängert gedachten Sehnen ab und ef bilden, festgesetzt, und auf dieser die Pfeilerbreite $bc = ef = 2^{\circ} 4' 4''$ eingemessen. Endlich wurde das Instrument nach c und d übertragen, und hier durch Absteckung eines Winkels von 65 Graden von cd flussabwärts die Richtung der Anlaufslinien für das mittlere Gewölbe ermittelt und fixirt. Hiernach ist das Einmessen der Pfeilerlängen, respective der Linien ag , an , bh , bo , ci , cp , etc. . . . vorgenommen, und als Controlle die Länge der Linien gh , ik , lm , no , pq und rs , respective die Spannweite der einzelnen Gewölbe, wie sie sich hiernach für beide Stirnseiten ergaben, gemessen worden, welche vollkommen befriedigend allweg mit 72 Fuss sich ergeben hat.

Alle diese Operationen wurden auf, zu diesem Ende errichteten provisorischen Gerüstbrücken und Gerüsten durchgeführt, welche nach beendeter Fixirung aller Punkte von Wichtigkeit wieder abgetragen worden sind.

Die Schiebersteuerungen.

Von Maximilian Herrmann,

Unteringenieur der k. k. Staatseisenbahn-Gesellschaft.

Bevor ich zu dem eigentlichen Gegenstand dieses Aufsatzes schreite, erlaube ich mir zu bemerken, dass die weiter unten realisirten Ideen für die bei Anordnung von Schiebersteuerungen vorkommenden Constructionen schon im verflossenen Sommer von mir festgesetzt wurden, ohne dass ich vom Zeuner'schen Diagramme mehr wusste (und wissen konnte, indem selbst heute vom Zeuner'schen Diagramme in ganz Reschitza nicht mehr vorliegt, als die von Herrn Kunstmeister Schmidt verfasste Recension, welche mir eben heute zur Hand gekommen ist), als dass es überhaupt existire, was ich aus einer Ankündigung im „Civilingenieur“ entnommen.

Wenn ich dieselben nicht gleich damals veröffentlicht habe, so war diess nur darum, weil ich glaubte, dass dieselben mit dem Zeuner'schen Diagramme identisch sind; aus der angezogenen Recension ersehe ich aber, dass dem nicht so ist; und ich erlaube mir daher, die weiter unten angegebenen Diagramme, wovon übrigens das erste (welches ich mit dem Zeuner'schen Diagramme vergleichen konnte) vor diesem den Vorzug der grösseren Bestimmtheit, Klarheit und Vielseitigkeit besitzt, als das Resultat meines ganz selbstständigen Studiums zu veröffentlichen.

Gewöhnlicher Schieber mit Kreisexcenter bewegt.

Es sei:

α der Voreilungswinkel } des Excenters.
 r der Halbmesser

a die äussere Ueberdeckung
 ϵ_a das lineare Voreilen für den Eintritt
 i die innere Ueberdeckung
 ϵ_i das lineare Voreilen für den Austritt } des Schiebers,

φ der Drehungswinkel der Kurbel vom todtten Punkte gerechnet,

z die Grösse der Eintrittsöffnung bei diesem Stande der Kurbel,

z_1 die grösste Weite der Eintrittsöffnung,

z' die Grösse der Austrittsöffnung, wenn die Kurbel um einen Winkel φ' über den todtten Punkt steht.

Betrachten wir die Bewegung des Schiebers vor seiner mittleren Stellung, so ist für den Eintritt:

$$z = r \sin(\alpha + \varphi) - a \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Für $(\alpha + \varphi) = 90^\circ$ wird z ein Maximum, also ist:

$$z_1 = (r - a) \text{ oder } r = (z_1 + a) \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

und

$$a = (r - z),$$

wobei natürlich vorausgesetzt wurde, dass die Canalweite überhaupt gross genug sein muss, um die Maximalöffnung zu gestatten.

Die Dampfeinströmung ist geschlossen für $z = 0$; dann ist nach (1):

$$0 = r \sin(\alpha + \varphi) - a,$$

also:

$$\sin(\alpha + \varphi) = \frac{a}{r} \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Dieser Gleichung entsprechen zwei Winkel φ_0 und φ_1 , nämlich für den Anfang der Dampfeinströmung, und für den Anfang der Dampfabspernung, und es ist selbstverständlich:

$$(\alpha + \varphi_0) + (\alpha + \varphi_1) = 180^\circ.$$

Wir haben sonach aus Gleichung (3) für den Anfang der Dampfeinströmung:

$$\sin(\alpha + \varphi_0) = \frac{a}{r}$$

für den Anfang der Dampfabspernung:

$$\sin(\alpha + \varphi_1) = \frac{a}{r}$$

Für $\varphi = 0$ ist $z = \epsilon_a$ gleich dem linearen Voreilen für den Eintritt, also ist nach (1):

$$\epsilon_a = r \sin \alpha - a; \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

für den Austritt können wir folgende Gleichungen aufstellen:

$$z' = r \sin(\varphi' - 180^\circ + \alpha) - i,$$

also:

$$z' = -r \sin(\varphi' + \alpha) - i \quad . \quad . \quad (6)$$

Die Ausströmung ist geschlossen für $z' = 0$; aus (6) findet man;

$$0 = -r \sin(\varphi' + \alpha) - i,$$

also:

$$\sin(\varphi' + \alpha) = -\frac{i}{r} \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Dieser Gleichung entsprechen ebenfalls zwei Winkel φ_0' und φ_1' , wovon der erste dem Anfang der Dampfausströmung, der zweite dem Anfang der Compression des im Dampfeylin der befindlichen Dampfes von atmosphärischer Spannung entspricht. Es ist sonach für den Anfang der Dampfausströmung:

$$\sin(\alpha + \varphi_0') = -\frac{i}{r},$$

für den Anfang der Compression:

$$\sin(\alpha + \varphi_1') = -\frac{i}{r};$$

endlich ist für $\varphi' = 180^\circ$. $z' = \epsilon_i$ gleich dem linearen Voreilen für den Austritt, es wird sonach aus Gleichung (6):

$$\epsilon_i = r \sin \alpha - i. \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Für die Anordnung einer Steuerung, bei welcher der Schieber als Vertheilungs- und Expansionsapparat angewendet wird, sind gegeben:

Die grösste Weite der Einströmungsöffnung . . . = z_1 ,
 das lineare Voreilen für den Eintritt . . . = ϵ_a ,
 der Winkel bei welchem die Dampfabspernung eintritt = φ_1 ,
 der Winkel bei welchem die Compression beginnen darf = φ_1' .

Es ist klar, dass für die vortheilhafteste Leistung der Maschine zwischen diesen Grössen ein gewisser Zusammenhang bestehen muss, und es können diese Grössen also als unmittelbar gegeben angesehen werden.

Dagegen sind zu suchen:

Der Halbmesser der Excentricität des Steuerungs-
 excenters . . . = r
 der Voreilungswinkel . . . = α
 die äussere Ueberdeckung des Schiebers . . . = a
 die innere " " " " . . . = i

Aus Gleichung (5) folgt:

$$a = r \sin \alpha - \epsilon_a \quad (10)$$

Dieser Werth in Gleichung (4) gesetzt gibt:

$$\sin(\alpha + \varphi_1) = \sin \alpha - \frac{\epsilon_a}{r} \quad (11)$$

Für eine Steuerung ohne linearem Voreilen ist $\epsilon_a = 0$, und dann wird:

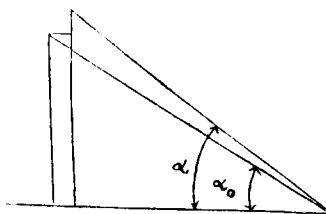
$$\sin(\alpha_0 + \varphi_1) = \sin \alpha_0 \quad (12)$$

wobei α_0 der Voreilungswinkel ist, welcher einer Steuerung ohne linearem Voreilen bei derselben Absperrung entsprechen würde. Durch Subtraction der Gleichung (12) von (11) wird:

$$\sin(\alpha + \varphi_1) - \sin(\alpha_0 + \varphi_1) = (\sin \alpha - \sin \alpha_0) - \frac{\epsilon_a}{r} \quad (13)$$

oder

$$\begin{aligned} (\sin \alpha - \sin \alpha_0) \cos \varphi_1 + (\cos \alpha - \cos \alpha_0) \sin \varphi_1 = \\ (\sin \alpha - \sin \alpha_0) - \frac{\epsilon_a}{r} \quad (13) \end{aligned}$$



Die beiden Winkel α und α_0 sind sehr wenig verschieden, wir können also setzen:

$(\cos \alpha - \cos \alpha_0) = -(\sin \alpha - \sin \alpha_0) \tan \alpha_0$;
 dieser Werth in die frühere Gleichung gesetzt, gibt:

$$\begin{aligned} \sin \alpha - \sin \alpha_0 = \\ = \frac{\epsilon_a}{r \left(1 - \frac{\cos \varphi_1 \cos \alpha_0 - \sin \varphi_1 \sin \alpha_0}{\cos \alpha_0} \right)} = \frac{\epsilon_a}{r \left[1 - \frac{\cos(\alpha_0 + \varphi_1)}{\cos \alpha_0} \right]} \end{aligned}$$

Es ist aber aus Gleichung (12):

$$\sin(\alpha_0 + \varphi_1) = \sin \alpha_0,$$

daher:

$$\cos(\alpha_0 + \varphi_1) = -\cos \alpha_0,$$

wir erhalten somit aus der früheren Gleichung:

$$\sin \alpha - \sin \alpha_0 = \frac{\epsilon_a}{2r} \quad (14)$$

Aus Gleichung (13) folgt sodann:

$$\sin(\alpha + \varphi_1) - \sin(\alpha_0 + \varphi_1) = -\frac{\epsilon_a}{2r} \quad (15)$$

Mit Berücksichtigung der Gleichung (12) wird aus (15):

$$\sin(\alpha + \varphi_1) = \sin \alpha_0 - \frac{\epsilon_a}{2r};$$

ausserdem ist noch aus Gleichung (14):

$$\sin \alpha = \sin \alpha_0 + \frac{\epsilon_a}{2r} \quad (16)$$

Setzen wir für $\sin \alpha$ in Gleichung (10) den Werth aus (16) so wird:

$$a = r \sin \alpha_0 - \frac{\epsilon_a}{2}, \quad (17)$$

und dann folgt aus Gleichung (2):

$$z_1 = r(1 - \sin \alpha_0) + \frac{\epsilon_a}{2} \quad (18)$$

Für Steuerungen ohne linearem Voreilen gehen die Gleichungen (17) und (18) über in die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} a^0 &= r \sin \alpha_0 \\ z_1^0 &= r(1 - \sin \alpha_0) \end{aligned} \right\}; \quad (19)$$

daher ist:

$$\left. \begin{aligned} a &= a^0 - \frac{\epsilon_a}{2} \\ z_1 &= z_1^0 + \frac{\epsilon_a}{2} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Die Gleichungen (14) und (20) setzen uns in den Stand, aus den Daten für eine Steuerung ohne linearem Voreilen die Daten für eine Steuerung mit linearem Voreilen zu bestimmen, und umgekehrt.

Aus den Gleichungen (17), (18) und (19) folgt, dass die Wirkung geometrisch ähnlich construirter Steuerungen dieselbe ist, welcher Umstand für die Construction des Diagrammes weiter unten benutzt werden soll. Um die mittlere Wirkungsweise eines Excenters mit unendlich langer Excenterstange zu studiren, für welchen die obige Rechnung gilt, muss man die Drehung der Kurbel so betrachten, als ob die Uebertragung der Bewegung des Kolbens auf die Kurbel durch eine unendlich lange Schubstange geschehen würde. In diesem Falle besteht zwischen dem Kolbenweg s von seinen äussersten Stellungen gerechnet und der Drehung der Kurbel φ vom ersten todten Punkte aus gerechnet, die bekannte Relation:

$$\left. \begin{aligned} \frac{s}{l} &= \frac{\sin \text{vers } \varphi}{2} \text{ für die Bewegung nach rechts und} \\ \frac{s'}{l} &= \frac{\sin \text{vers } \varphi' - 2}{2} \text{ für die Bewegung nach links} \end{aligned} \right\}, \quad (21)$$

wobei der Kolbenhub $= l$ ist. Wir ersehen aus diesen Gleichungen, dass der Drehungswinkel φ nur von dem Verhältnisse $\frac{s}{l}$ abhängig ist, also für gleiche Werthe von $\frac{s}{l}$ für grosse und kleine l derselbe ist.

Mit den bis jetzt gewonnenen Resultaten können wir ohne weiters zur Construction des Diagrammes übergehen und es ist nur zu bemerken, dass in der Praxis eigentlich nicht die Winkel φ' und φ_1' gegeben sind, sondern die Verhältnisse $\frac{s_1}{l}$ und $\frac{s_1'}{l}$ der Wege, bei welchen die Dampfabspernung und Compression beginnen soll, zum Kolbenweg; die Winkel φ_1 und φ_1' sind also erst nach Gleichung (21) zu bestimmen. Der bei der Construction des Diagrammes einzuschlagende Gang ist nun folgender:

Man ziehe aus dem Mittelpunkt C mit dem beliebigen Halbmesser R den Kreis $AGHB$. . . , ziehe in demselben einen

des Dampfes in der Dampfkammer, so findet man die Maximalcompression durch die Gleichung:

$$(ml + l - s_2) O\Delta_2 = mlO\Delta_1,$$

also:

$$l - s_2 = ml \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_2} - 1 \right); \dots (22)$$

zweitens, zwischen dem Wege, welchen der Kolben vom Anfang der Dampfabspernung bis zum Ende des Kolbensches zurücklegt, und dem Wege, welchen der Kolben vom Anfange der Compression bis an das Ende des Kolbensches zurücklegt, ein gewisses Verhältniss:

$$\left(\frac{l - s_1}{l} \right) : \left(\frac{l - s_2}{l} \right) = \left(7,2 - 6,0 \frac{s_1}{l} \right) : 1 \quad (23)$$

bestehen zu lassen. Wäre also beispielsweise $s_1 = 0,75 l$, so erhielten wir:

$$l - s_2 = \frac{0,25 l}{7,2 - 4,5} = 0,093 l,$$

oder:

$$s_2 = 0,907 l.$$

Durch Verbindung der Gleichungen (22) und (23) lässt sich nunmehr auch der Maximalexpansionsgrad bestimmen, welcher noch mit Vortheil angewendet werden wird: wir erhalten nämlich:

$$s_1 = l \frac{1 - 7,2 m \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_2} - 1 \right)}{1 - 6,0 m \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_2} - 1 \right)} \dots (24)$$

In der Regel ist:

$$m = 0,05, \frac{\Delta_1}{\Delta_2} = 3,$$

und dann wird:

$$s_1 = 0,7 l.$$

Die Expansion soll also nie früher als bei 0,7 des Hubes beginnen.

Jetzt können wir zur Vervollständigung unseres Diagrammes schreiten. Wir bestimmen nämlich aus Gleichung (23) das Verhältniss $\frac{l - s_2}{l}$ aus den schon bekannten Verhältnissen $\frac{l - s_1}{l}$ und $\frac{s_1}{l}$, theilen den Durchmesser TR nach diesem Verhältnisse, wohl berücksichtigend, dass der Kolbenweg s_2 vom zweiten toden Punct. also von T zu rechnen ist, im Puncte Z ; errichten in diesem Puncte das Perpendikel ZA_1 auf TR , so ist der erhabene Winkel $RCA_1 = \varphi_1'$, also $ACA_1 = \alpha + \varphi_1'$, demnach die Entfernung dieses Punctes von AB nämlich $A_1B_1 = i$ gleich der inneren Ueberdeckung nach Gleichung (8).

Ziehen wir durch den Punct A , die zu AB parallele Linie A_1C_1 und fällen wir aus dem Puncte T das Perpendikel TD_1 auf dieselbe, so ist die Strecke $TD_1 = r_1$ gleich dem linearen Voreilen für den Austritt nach Gleichung (9); um nun noch die Breite der Ausströmungsöffnung für irgend eine Stellung des Kolbens zu ermitteln, theilen wir den Durchmesser TR im Puncte E_1 nach dem Verhältnisse $TE_1 : TR = s' : l$, wobei s' den zurückgelegten Weg des Kolbens (vom zweiten toden Puncte gerechnet) bedeutet, errichten in diesem Puncte das Perpendikel $E_1F_1 \perp TR$, so ist der erhabene Winkel $RCE_1 = \varphi'$, und die Distanz F_1G_1 des Punctes F_1 von der Geraden A_1C_1 ist $= z'$ nach Gleichung (6). Wir sehen also, dass wir um die auf Dampfausströmung bezüglichen Fragen beantworten zu können, nur den durch die Parallelen

H, J , und XY begrenzten Dampfeinströmungscanal um die Schieberbreite zu verschieben haben; zugleich sehen wir, dass während bei der Dampfeinströmung die Schieberbewegung eben hinlänglich ist, um den Dampfeinströmungscanal völlig zu öffnen, dieselbe sich bei der Dampfausströmung über die äusserste Kante der Dampfeinströmungsöffnung hinaus erstreckt.

Hiemit ist die wichtige Aufgabe, aus der gegebenen Canalweite und der gegebenen Wirkung einer Steuerung mit linearem Voreilen, die Constructions-Elemente dieser Steuerung und die bei irgend einer Kolbenstellung stattfindenden Verhältnisse zu bestimmen, zum erstenmal ohne allem lästigen Probiren gelöst.

In welcher Weise die Lösung der Aufgabe zu geschehen hat, wenn die Steuerung nur als Vertheilungsapparat und nicht als Expansionsapparat wirken soll, wobei also die Canalweite, das lineare Voreilen für den Eintritt, die äussere und innere Ueberdeckung des Schiebers, oder das lineare Voreilen für den Austritt gegeben ist, bedarf wohl keiner Erwähnung; dagegen ist der von Herrn Dr. Zeuner eingeschlagene Weg den Halbmesser der Excentricität durch Probiren so anzunehmen, dass bei einem ebenfalls angenommenen Voreilungswinkel und einem angenommenen linearen Voreilen die grösste Weite der Einströmungsöffnung und die Wirkung eine passende wird, und noch mehr der von Herrn Kunstmeister Schmidt empfohlene, welcher die äussere Ueberdeckung dem Gefühle nach annimmt, und die Wirkung des Excenters erst hinterher erfährt, gänzlich zu verwerfen.

Man sieht, dass die Methode, um die in den Zwischenstellungen stattfindenden Verhältnisse kennen zu lernen, mit der von Herrn Kunstmeister Schmidt sogenannten Reuleaux'schen übereinstimmt; ich habe diese Methode als die einfachste ebenfalls gewählt, ohne selbst heute zu wissen, wo Hr. Reuleaux dieselbe veröffentlicht hat; übrigens ist diese Methode nicht neu, sondern seit jeher für die graphische Darstellung der Schieberbewegungen in Armangaud's publications industrielles, in Weissbach's Ingenieur und Maschinen-Mechanik benutzt worden, und es unterscheidet sich diese neuere Methode von der älteren nur dadurch, dass während bei ersterer die Halbmesser der Kurbel- und Excenter-Kreise gleich, dieselben bei der älteren Methode verschieden gross genommen wurden.

Ueber die Schneeverwehungen und Schneeschutzmauern an der Eisenbahn über den Karst.

Von Alfred Lorenz,

k. k. Ingenieur der Staatseisenbahnbauten.

(Mit Zeichnungen auf Blatt B im Texte)

Obleich die Gesetze, die Ursachen und Bedingungen, welche in irgend einer Gegend Schneeverwehungen erzeugen, sowie die an verschiedenen Eisenbahnen häufig mit grossem Vortheil dagegen angewandten Mittel bekannt sind, und im Allgemeinen darüber wenig Neues zu sagen ist, so dürften doch einige Einzelheiten über die Bora und die Schneeverwehungen am Karst nicht ganz ohne Interesse sein. Diese Einzelheiten werden an Interesse gewinnen, wenn man sich erinnert, welche grossen Kosten, unglücklichen Versuche und

bedeutenden Störungen diese Verwehungen im vergangenen Winter 1857/58 dem Betriebe der Eisenbahn bereiteten, und berücksichtigt, dass diesem Uebel beinahe gänzlich gesteuert werden kann, wenn die Mittel richtig und so angewendet werden, wie die Erfahrungen an den gemachten Proben in demselben Jahre es gelehrt haben und fordern.

Betrachtet man die Verwehungen am Karste im Allgemeinen, so wird man häufig an einer scheinbar ganz gleichen Berglehne mitten in derselben eine bedeutende Wehe sehen, ferner finden sich dieselben immer vor und hinter den so häufig vorkommenden Einzäunungsmauern, hinter jedem freistehenden Baumstamm, jedem hervorragenden Steine; mit einem Worte das kleinste Hinderniss, welches sich der Bora entgegenstellt, eine Schneewehe erzeugt.

Dieser Schluss jedoch scheint sich bloss bis zu einer gewissen Grenze der Höhe und Ausdehnung des Hindernisses zu bestätigen, da man niemals hinter einer grösseren Gruppe von Bäumen, oder hinter einem höheren Gebäude eine Verwehung findet, während eine niedere kleine Keusche eine Wehe veranlasst.

Als Beispiel möge folgende Erscheinung dienen. An der Poststrasse über den Karst steht, bevor man in das Ort Präwald einfährt, rechts am Rande der Böschung des niederen Einschnittes, eine Scheuer oder ein Stall mit einer ohngefähren Länge von 6 bis 8 Klafter, 10 bis 15 Fuss Höhe und 9 bis 12 Fuss Breite, unmittelbar daran stösst ein höheres einstöckiges Wohngebäude. Während die Strasse hinter diesem höheren Gebäude alle Winter fortwährend frei ist, wird die Communication durch eine sehr bedeutende Schneewehe hinter jenem erwähnten Stalle alle Jahre gehemmt, und die Beseitigung der aufgethürmten Schneemassen hat bereits manche Geldopfer gekostet. Eine andere Erscheinung findet sich an der Bahn selbst; in einem Abschnitt zwischen St. Peter und Ober-Lesece steht das Wächterhaus am oberen Rande der Böschung, so dass die Bahn durch dasselbe vor der Bora geschützt ist. Der Abschnitt war seiner ganzen Länge nach verweht mit Ausnahme der Stelle, wo das Wächterhaus stand, welche bis an dasselbe ganz schneefrei war. Das Wächterhaus hat eine Höhe bis zum Dachfirst von $3^{\circ} 1'$, eine Breite $4^{\circ} 6''$ und eine Länge von $4^{\circ} 3' 6''$. Unweit dieses Wächterhauses stand ferner eine niedere schmale Barake etwa 8' hoch, 8' breit und 12' lang, diese war ganz verweht und zwar legte sich der Schnee hinter der Barake in Form eines Dreieckes vom Dachfirst abwärts fest.

Beobachtet man diese Verwehungen durch mehrere Winter hindurch, so wird man sich überzeugen, dass dieselben immer an denselben Stellen vorkommen, und in Bezug auf ihre Grösse sich gleich bleiben. Den ersten Fall bestätigen ebenso die Aussagen der dortigen Einwohner, welche die Plätze im Sommer genau kennen und angeben, und sich nicht erinnern, selbst bei dem schneereichsten Winter und der heftigsten Bora an andern Orten Verwehungen gefunden zu haben.

Ueber das Gleichbleiben der Grösse der Verwehung habe ich mir die Ueberzeugung verschafft durch die genaue Beobachtung einer Schneewehe an der alten Reichsstrasse zwischen Divazza und Senvac, an welcher der Weg mich sehr oft während meines mehrjährigen Aufenthaltes am Karste vorüber führte;

ich habe nämlich im Jahre 1856 die besagte Wehe genau aufgenommen, sowohl deren Ausdehnung als auch deren Höhe, und bereits in demselben Winter beobachtet, dass diese selbst bei neuerlichem Schneefall und Gestöber niemals aus dem von mir markirten Rayon trat, sowie auch bei verschiedener Heftigkeit der Bora nie eine grössere Höhe erreichte. Das Jahr darauf 1857 verglich ich die wieder entstandene Wehe mit meiner Aufnahme und fand dieselbe ganz wie im früheren Winter, auch blieb diese während des ganzen sehr heftigen und schneereichen Winters constant.

Aus diesen erwähnten Beobachtungen schloss ich nun, dass die Richtung der Bora, welche am Karste allein Schneeverwehungen verursacht, nicht nur nach der Himmelsgegend, sondern auch gegen die Erdoberfläche an einzelnen Stellen immer eine constante ist.

Anfangs habe ich erwähnt: dass man häufig an einer scheinbar gleichen Berglehne mitten in derselben eine Schneewehe findet, welche sich alljährlich wiederholt und stets gleich gross bleibt. Denkt man sich (Fig. 1) die Richtung der Bora nach dem Pfeil, und die Berglehne hat in ihrer ganzen Ausdehnung eine solche Neigung, dass die Bora alle Theile der Oberfläche treffen kann, so wird keine Schneewehe Statt haben können, da der Schneeflocken, so oft er die Erde berührt immer wieder weggeblasen wird. Ist nun aber z. B. in der Mitte der Lehne eine Stelle (Fig. 2), welche eine grössere Neigung hat als der Winkel der Bora gegen die Erde, so wird an der Stelle eine Windstille eintreten, welche wie bekannt eine Schneewehe zur Folge hat. Bei dem Umstande nun, dass die Wehe in Bezug auf ihre Grösse immer constant bleibt, kann es nicht anders möglich sein, als dass der Neigungswinkel der Bora gegen die Erde bei ihrem jedesmaligen Auftreten ein gleicher ist; dieser Winkel wird wahrscheinlich gleich oder gewiss sehr annähernd, in einem solchen speciellen Fall, wo keine andern Hindernisse hinzutreten, der Neigungsoberfläche der Wehe entsprechen, und dürfte sich aus derselben bestimmen lassen.

Die Anhäufungen von Schnee an den einzelnen Stellen entstehen selbst bei ganz geringem Schneefall mit einer Schnelligkeit, dass binnen wenigen Stunden die Wehe ihr Maximum erreicht hat, indem die ganze kahle grosse Oberfläche des Karstes durch die Bora, welche entweder jedesmal mit dem Schneefall in Verbindung oder gewiss binnen wenigen Stunden nach demselben eintritt, sogleich von allem Schnee entblösst wird, und dieser sich dann haufenweise an den einzelnen Stellen ablagert. Es bietet daher die Landschaft selbst im schneereichsten Winter dem Fremden ein eigenes ungewöhnliches Bild. Und man findet aus der gleichen Ursache bei den dortigen Einwohnern sehr selten oder nur in ganz mangelhaften improvisirtem Zustande Schlitten in Anwendung.

Aus diesen angeführten Gründen müssen auch an der Eisenbahn zwischen Adelsberg und Triest in sämmtlichen Ein- und Abschnitten, welche nicht in der Richtung der Bora gelegen sind; ferner, welche eine grössere Neigung der Einschnittsböschung haben als der Winkel der Bora zur Erde, Verwehungen entstehen, welche sich jährlich wiederholen werden.

Den Beweis hiefür lieferten die beiden Winter 1856/57 und 1857/58, es waren nämlich an der Bahn sämtliche Einschnitte, deren Wände $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ geböscht sind, verweht, während einige volle Einschnitte, deren Böschungen sich wie 1 : 1 oder 1 : $1\frac{1}{2}$ verhalten, ohne Schnee blieben.

Die Länge der Dauer der Schneewehen hängt am Karst nicht von der Länge der Dauer der Bora ab, sondern bloss von der Dauer des Schneefalles oder der Masse Schnee, welcher früher gefallen war; denn ist der Schnee an allen Punkten zusammen getragen und die übrige Karstoberfläche schneefrei, so hört das Wehen auf, während häufig die Bora noch fort wüthet.

Die Beseitigung einer Schneewehe nun während der Dauer der Wehen mittelst Schaufeln oder anderer Hilfsmittel, ist aus dem Umstande unmöglich, weil diese sich mit der grössten Schnelligkeit erzeugt, und daher auch eben so immer wieder ergänzen muss. Hält nun ein solcher Schneefall mit Bora viele Stunden, oft Tagelang an, wie es am Karste häufig vorkommt, so ist dann durch diese Zeit jede Communication unmöglich.

Schon während der Tragirung genannter Bahnlinie hatte man der Bora viele Aufmerksamkeit gewidmet, und die Richtung und Stärke derselben durch vielfache Versuche mittelst eigens construirter Messinstrumente beobachtet.

Man kam damals bereits zu der Ueberzeugung, dass die blosse trockene Bora für den Betrieb der Eisenbahn nur verhältnissmässig gering störend wirken kann, und nur auf die Geschwindigkeit eines Zuges Einfluss nehmen wird, in desto grösserem Maasse jedoch im Winter bei Schneefall für den Betrieb hinderlich sein wird.

Während des Baues hatte man die Orte der Bahn, an welchen nennenswerthe Verwehungen vorkommen genau bezeichnet, über die Grösse derselben Aufschreibungen gepflogen und man war bedacht dagegen geeignete Mittel aufzusuchen und anzuwenden.

Unter den verschiedenen Projecten, welche vorgeschlagen wurden, wäre unstreitig jenes der Anpflanzung von Bäumen längs der Bahnlinie in einer Breite von wenigstens 20 Klftn. das sicherste und wirksamste Mittel, doch würden natürlich manche Jahre verfliessen bis diese Anpflanzung den gewünschten Zweck erfüllen könnte, und man entschied sich vorläufig für die Errichtung sogenannter Schneeschutzmauern, welche probeweise an den gefährlichsten Einschnitten, die in früheren Jahren ganz voll verweht waren, aufgestellt wurden. Der Winter 1857/58, in welchem bereits der Betrieb der Bahn geregelt war, hat bewiesen, dass der Zweck dieser Mauern vollkommen erreicht wird, wenn die Anordnung der Aufstellung so bewerkstelliget ist, wie es die Richtungen der Bora sowohl gegen die Himmelsgegend als auch gegen die Terrainoberfläche erfordern, und wie es die Erfahrungen, welche man an den Probemauern machte, gelehrt haben.

Diese Mauern wurden aus Bruchsteinen trocken hergestellt, erhielten an ihrer Krone eine Breite von 3 Fuss, eine Höhe von 2 - 2 $\frac{1}{2}$ Klaftern, waren beiderseits $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ geböscht, und wurden 6 Klafter vom oberen Rande der Einschnittsböschung entfernt angelegt.

Die Wirkungen derselben waren folgende: Bei allen Mauern legte sich der Schnee vor- und rückwärts von denselben in Form von Dreiecken fest, welche durch den Winter constant unveränderlich bleiben. In Bezug auf die Einschnitte waren die Wirkungen verschieden, und zwar:

Der Einschnitt unweit der Station St. Peter (Fig. 3), bei welchem die aufgestellte Mauer eine Höhe von 2 $\frac{1}{2}$ Klafter hatte, blieb während des ganzen Winters schneefrei. Das angehäuften Schneedreieck blieb unmittelbar vom oberen Rande der Einschnittsböschung 6—7 Fuss entfernt.

In einem zweiten Einschnitt (Fig. 4) zwischen St. Peter und Ober-Lesece, wo die Mauer 2 Klafter hoch war, blieb das Schneedreieck vom Böschungsrande 3—4 Fuss entfernt und der Einschnitt war stellenweise, jedoch gleichförmig auf eine Höhe von 2 - 4 Schuh, verweht.

Endlich in einem dritten Einschnitt derselben Strecke wo die Mauer ebenfalls 2 Klafter hoch war, reichte das Schneedreieck bis an den Rand der Einschnittsböschung, lief daselbst nicht in eine Spitze aus, sondern war stumpf abgerundet und der Einschnitt war durchaus schief verweht, wie Figur 5 zeigt.

In Bezug auf die Länge dieser Mauern ist endlich zu erwähnen, dass in den drei Beispielen, bei welchen die Mauern höchstens bis zum Nullpuncte der Einschnitte reichten, am Anfang sowohl als auch am Ende derselben eine grössere Wehe Statt fand.

Bevor ich noch einen Schluss aus den drei angeführten Beispielen erzielen kann, muss ich noch eine Beobachtung vorausschicken, welche ich an diesen Schneemauern ausserdem noch machte:

Für den ersten Augenblick sollte man denken, dass, wenn die Bora unter einem bestimmten Winkel gegen die Oberfläche der Erde streichend angenommen wird, trotz diesen Mauern die Einschnitte verweht sein müssen. Entweder die Mauer erhält eine solche Höhe und steht so nahe am Einschnittsrande (Fig. 6), dass durch diese der ganze Einschnitt vor der Bora geschützt ist; dann fällt der Einschnitt noch innerhalb der Grenze des gewissen constanten Dreieckes, welches wir bis nun bei allen Verwehungen angetroffen haben. Oder die Mauer wird so nieder und so entfernt vom Einschnittsrande gestellt (Fig. 7), dass der ganze Einschnitt der Bora ausgesetzt ist; dann sollte man glauben, dass in dem Einschnitte selbst an der steileren Wand des Einschnittes gegen die Bora dieses Dreieck sich ansetzen würde.

In dem ersten Fall wird gewiss der Einschnitt unter allen Umständen verweht sein; in dem zweiten Fall jedoch verhält sich die Sache auf eine andere Art, und dieser ist gerade derjenige, welcher bei der Aufstellung der Mauern berücksichtigt werden muss.

Ich habe darüber eine Beobachtung gemacht, indem ich während eines sehr heftigen Gestöbers hinter einer solchen Mauer den Bewegungen der Schneeflocken folgte und habe gefunden, dass über das constante Dreieck auf eine gewisse Entfernung kein Schneeflocken die Erde traf, sondern von der oberen Kante der Mauer aller Schnee in dichteren Massen und mit einer grösseren Geschwindigkeit in einem Bogen über mich hinweggetragen wurde, bis er weiter entfernt erst

die Erde traf. Betrachtet man (Fig. 8) diese Erscheinung genauer, so wird dieselbe leicht erklärlich: Durch die sehr heftige Anprallung des Windes an die Fläche der Mauer wird derselbe daselbst gebrochen, es entsteht ein Wirbel und die Windmasse erhält bis auf eine gewisse Höhe eine andere Richtung, bis diese wieder nach und nach in ihre normale Richtung übergeht. Liegt nun der Einschnitt innerhalb dieser Bogenbeschreibung der Schneemasse, so wird er schneefrei bleiben.

Aus diesem Umstande erklärt sich dann ebenso leicht, warum vor der Mauer zwischen dem immer vorkommenden Schneedreieck und derselben ein freier Saum bleibt und die beiden Flächen der Verwehung concav gebildet sind.

Die Entstehung dieses Schneedreieckes vor der Mauer oder jedem Hindernisse erklärt sich auf folgende Art:

Bei Beginn der Verwehung lagert sich begreiflicher Weise in dem windfreien Ecke des Hindernisses etwas Schnee ab, welcher daselbst so zusammengepresst wird, dass dieser ein neues Hinderniss bildet, daher das windfreie Eck um den Theil der Schneeanhäufung nach vorwärts gerückt wird und somit neuerlich Anlass hierzu gibt. Dieser Prozess wiederholt sich nun so lange bis der Schneehaue nahe die Höhe der Mauer erlangt. Ist dieses dann erreicht, so wird der Schnee nicht mehr liegen bleiben, sondern an der nunmehr so gebildeten Schneefläche gegen die Höhe der Mauer getrieben werden, daher dieselbe aushohlen und dann seinen Weg weiter fortsetzen. Der freie Theil hinter der Mauer, sowie die concave Fläche des Schnees findet seine Erklärung in der Bildung des Wirbels an der Mauer. Mit welcher Heftigkeit der Schnee daselbst zusammengepresst wird, beweist der Umstand, dass man auf demselben ohne Gefahr des Einsinkens emporsteigen kann, während der Schnee hinter dem Hindernisse nur leicht beisammen liegt, indem man daselbst keinen sichern Tritt fassen kann.

Fasst man diese Beobachtungen zusammen, so wird sich leicht erklären lassen, dass in dem zweiten erwähnten Einschnitte (Fig. 4), wo der Schnee in demselben sich gleichmässig ansammelte, die Mauer zu nieder gewesen war, indem die Mauer keine genügend grosse Fläche bieten konnte, um der Richtung der Bora eine so grosse Aenderung geben zu können, damit der Schnee über die ganze Breite des Einschnittes hinüber getragen wird.

In dem dritten Beispiele stand die Mauer zu nahe am Böschungsrande des Einschnittes, indem derselbe noch innerhalb der Grenze des constanten Schneedreieckes fiel.

Es lässt sich ferner annehmen, dass wenn diese Mauern ganz nahe an den Böschungsrand gestellt werden und nicht eine sehr bedeutende Höhe erhalten, diese Verwehung dadurch nicht nur nicht beseitigt wird, sondern sogar vergrößert werden muss.

Was die Längen der Mauern betrifft, waren sie unstreitig zu kurz und man kann annehmen, dass diese immer um mehrere Klafter über die Nullpunkte der Einschnitte hinaus geführt werden müssen.

Allgemeine Regeln für die zweckmässige Aufstellung dieser Mauern, für alle Fälle gültig, lassen sich keine geben, da, wie man in den drei Beispielen sieht, es häufig vorkommen wird, dass eine Anordnung für einen Fall sich bewährt, für einen zweiten ganz nahe liegenden Fall noch unzureichend ist.

Um darüber richtige Resultate zu erzielen, müssen die speciellen Fälle einzeln beobachtet, und die beiderseitigen Richtungen der Bora, welche unverzüglich von der Oertlichkeit der umliegenden Gebirge oder anderen hervorragenden Gegenständen abhängig sind, genau untersucht und constatirt werden.

Sind diese Vorerhebungen, welche im Sommer oder Herbste gemacht werden können, gepflogen, so dürften sich dann wohl nach den angegebenen Gesichtspuncten die richtigen Anordnungen der Mauern soweit bestimmen lassen, ohne dass erst an ihnen unmittelbar grössere Proben und kostspieligere Veränderungen nothwendig werden dürften.

Bemerkungen

zu dem, im 2. Hefte dieses Jahrganges der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins in der Correspondenz der Redaction erschienenen, von Herrn J. Langer, k. k. Ingenieur, verfassten Aufsätze.

Aus diesem Aufsätze, so wie mehreren von Herrn J. Langer in der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins betreffs seiner Brückensysteme gemachten Mittheilungen leuchtet unverkennbar die Meinung hervor, dass es wohl keine wohlfeileren und solideren Brückenconstructions, als diese, geben könne, dass dieselben neu und von Niemand deshalb angewendet worden sind, da es wahrscheinlich an aller Berechnung der Tragfähigkeit solcher Brücken gemangelt, und dass Herr Langer nunmehr zuerst deren Theorie und ihre Tragfähigkeit durch Rechnung nachgewiesen habe; und indem er sich bemüht, die in dem ersten Hefte d. J. der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins ihm entgegen gehaltenen Bemerkungen zu widerlegen, verweist er auf die von ihm verfasste und bereits erschienene, seine Brückensysteme beleuchtende Brochure, in welcher die Theorie dieser Brücken, so wie deren Details auf eine Weise entwickelt wäre, dass kein Ingenieur über den besten Erfolg bei vorkommender Ausführung mehr im Zweifel sein könne.

Wir beabsichtigen nun mit diesem Aufsätze, Herrn Langer mit Bezugnahme auf alle von ihm betreffs seiner Brückenconstructions gemachten Mittheilungen nachstehende, mit zahlreichen Beweisen belegte Gegenbemerkungen entgegen zu halten.

1. Die drei Systeme, nämlich jenes der ausgesteiften Kette, ferner das des ausgesteiften Bogens, und endlich das aus diesen beiden gebildete System, welche Herr Langer als neu und von ihm erfunden bezeichnet, wurden bereits von anderen Ingenieuren theils zur Ausführung vorgeschlagen, theils wenn auch nicht immer in der Art und Weise, wie sie Herr Langer vorschreibt, so doch mit ebenso nothwendigen als sehr schätzenswerthen Verbesserungen angewendet.

Zum Beweise dieser Behauptungen erwähnen wir betreffs des erstgenannten Systems der vom k. k. Ober-Inspector Hrn.

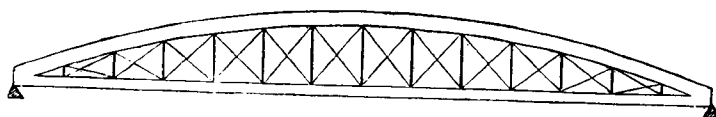
F. Schnirch projectirten und bereits in Ausführung begriffenen, versteiften Eisenbahnkettenbrücke über den Donaucanal in Wien, und fügen noch bei, dass diese Construction gegenüber jener des Herrn Langer durch anzubringende wichtige Details eine wesentliche Versteifung erhalten soll. Das richtigste Urtheil über diese Construction wird der Erfolg abgeben.

Wir erwähnen ferner jenes Systems von Kettenbrücken für Eisenbahnen mit durch Gitterwerk ausgesteiften Ketten, welches durch den k. k. Ingenieur Herrn v. Schaschek in der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins vom Jahre 1855 angedeutet wurde. So viel betreffs der ausgesteiften Eisenbahnkettenbrücken.

Anbelangend das System der Eisenbahnbogenbrücken mit durch Gitterwerk ausgesteiften Bögen glauben wir auf die, wenn auch nur in Holz ausgeführte Kaskade-Brücke auf der New-York-Erie-Eisenbahn aufmerksam machen zu müssen, deren Construction durch Beschreibung und Pläne erläutert durch den k. bair. Sections-Ingenieur Hrn. K. Culmann veröffentlicht wurde. Ausserdem lieferte genannter Ingenieur die Nachweisung der Tragfähigkeit dieser Brücke durch eine ebenso wissenschaftliche als sehr interessante Abhandlung. (Förster's Bauzeitung 1851.) Diese Construction ist aber durch die offenbar als nothwendig erkannte Aussteifung der Bogenschenkel bis zur Fahrbahn hinauf von jener des Hrn. Langer wesentlich verschieden und, wie leicht erklärlich, als besonders bevorzugt zu bezeichnen, da diese Aussteifung der Construction wirklich die grösstmögliche Solidität verleiht.

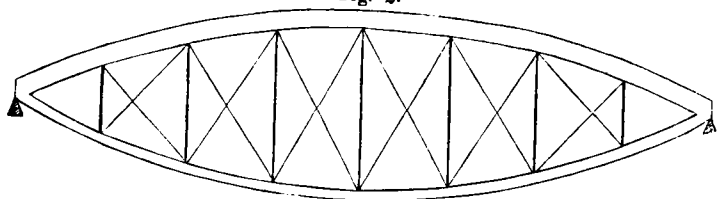
Was endlich das combinirte System des Hrn. Langer betrifft, glauben wir hinreichende Beweise für dessen Vorhandensein damit geliefert zu haben, wenn wir die Aufmerksamkeit auf zwei Brücken lenken. Eine hievon durch Fig. 1 in

Fig. 1.



einfachen Linien dargestellt, wurde durch die Herren Fox und Henderson bei London ausgeführt, und finden sich deren Beschreibung, Pläne und Berechnung in Förster's Bauzeitung 1852. Die zweite durch Fig. 2 ebenfalls beiläufig ange-

Fig. 2.



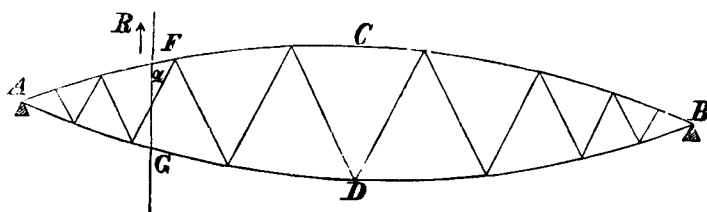
deutet, ist die Isar-Brücke bei Gross-Hesselohe von Herrn Pauli. Beide Systeme bestehen aus einem wenn nicht durch Gitterwerk, so doch anders versteiften Bogen, und einer Kette, welche beide Theile durch vertikal angebrachte Streben und Kreuzbänder zu einem Ganzen vereinigt sind, um so einen festen Gitterbalken zu bilden. — Dass diese beiden Brückenconstructionen vor jenen des Hrn. Langer, denen die erwähnte Kreuzverstrebung gänzlich mangelt, den Vorzug verdienen, glauben wir kaum erwähnen zu müssen.

2. Die von Hrn. Langer für seine Brückenconstructionen entwickelte Theorie ist auf unrichtige Anschauung gegründet, und liefert somit unzulässige Resultate.

Wir wollen zuerst die von Hrn. Langer aufgestellte Theorie für die Gitterstreben der Aussteifungen einer Prüfung unterziehen. Um aber zu dem beabsichtigten Schlusse gelangen zu können, schicken wir einige Betrachtungen über Gitterbalken voraus.

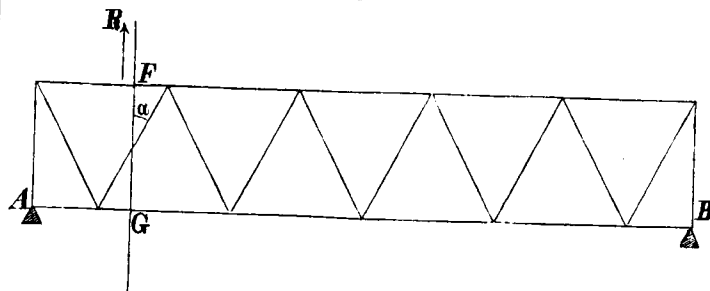
Wir denken uns demnach zu diesem Behufe in Fig. 3.

Fig. 3.



einen Gitterbalken mit gekrümmten Längsbändern ACB und ADB , und indem wir nach FG einen Verticalschnitt führen, erhalten wir eine für diesen Schnitt wirkende verticale Schubkraft R , welche offenbar von den beiden Längsbändern und der Strebe aufgenommen werden muss. Uebergeht man nun zu dem ganz einfachen, durch Fig. 4 dargestellten Fall, indem

Fig. 4.



man sich einen Gitterbalken mit horizontallaufenden Längsbändern denkt, so ist wenn auch hier für eine beliebige Stelle des Balkens z. B. G die daselbst wirkende verticale Schubkraft mit R bezeichnet wird, diese von der Gitterstrebe allein aufzunehmen, und zu Folge der für solche Gitterbalken bekannten Theorie ist auch die Kraft S , mit welcher die Strebe an dieser Stelle in Anspruch genommen wird:

$$S = \frac{R}{\cos \alpha},$$

wenn α den Winkel bezeichnet, welchen die Strebe mit der Verticalen bildet.

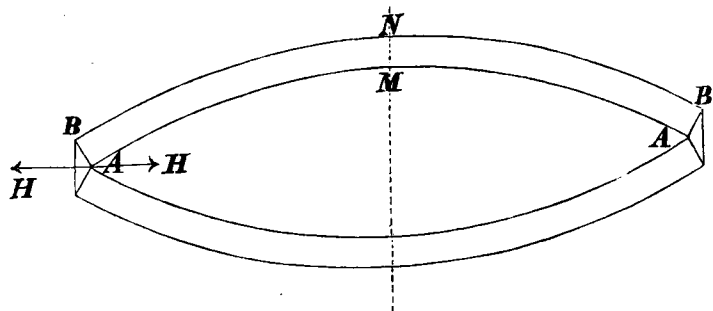
Da nun Herr Langer diese, nur für solche Gitterbalken (Fig. 4) allein gültige und allerwärts bewährte Wahrheit ohne Weiteres auf die Gitterstreben der Aussteifung in allen seinen Brückenconstructionen überträgt, glauben wir dadurch unsere oben ausgesprochene Behauptung als bewiesen betrachten zu können.

Diese verfehlte Anschauung verleitet nun Hrn. Langer weiter zu folgen, dass die Gitterstreben der Aussteifung bei seinen Constructionen gegen die Widerlager an Stärke zunehmen müssen, um daselbst ihr Maximum zu erreichen, dass dieselben ferner in der Mitte der Brücke in jenem Falle, wo die zufällige Last die halbe Brückenlänge einnimmt, daselbst am

meisten in Anspruch genommen werden, und endlich dieselben in $\frac{1}{4}$ der Brückenlänge von der Mitte aus gerechnet, auf der belasteten Brückenhälfte keiner Inanspruchnahme ausgesetzt sind.

Wir übergehen nun zur Betrachtung jener Resultate, welche sich aus der, von Hrn. Langer für die Bestimmung der Tragfähigkeit der Längsbänder aufgestellten Theorie ergeben.

Fig. 5.



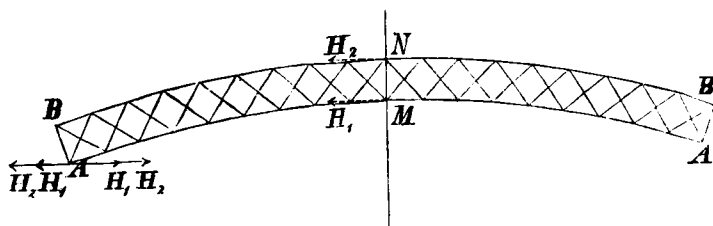
In §. 13 der Broschüre wird die, in der durch Fig. 5 dargestellten Construction wirkende Horizontalkraft entwickelt, und indem z. B. Herr Langer in den Gleichungen 9 und 10 die Werthe derselben für die Gesamtlast erhält, setzt er in der Entwicklung ohne Weiteres voraus, dass diese Kraft in ihrer ganzen Stärke in dem, dem unteren Längsband zugehörigen Stützpunkte A wirksam ist, stellt aber gleich nachfolgend die Behauptung auf, dass das äussere dem Tragbogen AMA concentrisch oder nicht concentrisch folgende Längsband BNB mit seinem Querschnitt dem ersteren zu Statte kommt, und beide gemeinschaftlich im Verhältniss ihrer Materialquerschnitte von den vorhandenen Horizontalkräften in Anspruch genommen werden. Dieses bildet offenbar den deutlichsten Widerspruch.

Weiters bleibt die Behauptung des Herrn Langer ungerechtfertigt, dass die Horizontalkraft für das äussere Längsband in jenem Fall, wo die zufällige Last die halbe Brückenlänge einnimmt, da ihr Maximum erreicht, wo der von Herrn Langer angenommene neutrale Punkt der Inanspruchnahme der Gitterstreben liegt, nämlich in $\frac{1}{4}$ der Brückenlänge vom Scheitel.

Und machen wir einen Blick in das 11. und 12. Heft der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereines vom Jahre 1858, so finden wir für den 1. Fall, wo die Eigenlast der Construction eine ungleichförmige ist, und die Stützlinie eine Gleichgewichtscurve für die unveränderliche Constructions-Last bildet, für die Constructions- und zufällige nach der ganzen Brückenlänge vertheilte Last, die Horizontalkraft beziehungsweise H_1 und H_2 . Es wird hier behauptet, dass erstere Kraft H_1 in der ganzen Länge des Tragbogens AMA, also auch in A und M (Fig. 6), ferner die zweite Kraft H_2 in dem, dem äusseren Tragbogen AMA zugehörenden Stützpunkte A und dem Scheitel N des äusseren Bogens wirksam ist. Ferner wird noch daselbst angegeben, dass die Horizontalkraft H_2 von N gegen B und von A gegen M abnimmt, um in B und M selbst Null zu werden.

Betrachtet man aber nun die in Fig. 6 eingetragenen, in den Punkten N und A wirkenden Kräfte, so muss man offenbar zu dem Schlusse gelangen, dass die Gitterstreben der

Fig. 6.



Aussteifung zwischen den beiden Bögen in Folge des Ueberganges des Druckes vom oberen in den unteren Bogen jedenfalls bedeutend in Anspruch genommen werden müssen. Herr Langer behauptet aber trotzdem in allen seinen Mittheilungen, dass die Gitterstreben der Aussteifung in seinen Constructions bei gleichförmig nach der ganzen Brückenlänge vertheilter zufälliger Last gar keiner Inanspruchnahme ausgesetzt sind.

Dass diese Behauptungen in offenbarem Widerspruche mit den oben erwähnten Entwicklungen steht, bedarf gewiss keines Beweises.

Aus dem bisher über die vom Herrn Langer aufgestellte Theorie seiner Brückenconstructions Gesagten geht zur Genüge hervor, wie sehr wir zu dem im vorstehenden Punkt 2 gemachten Ausspruche berechtigt waren, und wiederholen, dass diese Theorie noch weit entfernt ist, auch nur einiges Licht über diese seine Constructions zu verbreiten.

3. Die Constructions des Herrn Langer besitzen nicht die so vielfach angepriesenen Vorthelle; sie bedürften vielmehr mancher Zuthaten, um zur Anwendung geeignet sein zu können.

Zum Nachweise dessen dienen nachstehende Betrachtungen:

In der Broschüre wird zu Gunsten des Systems der ausgesteiften Bögen und Ketten jener Vorthell angegeben, der dadurch erreicht werden soll, dass man mehrere Bögen oder Ketten an einander reiht, und auf den Mittelpfeilern mittelst frei beweglicher, zur besseren Fortpflanzung des, durch die Belastungen entstehenden Horizontalschubes nöthigen Widerlagspolster ruhen lässt. Die hiezu erforderlichen Mittelpfeiler hätten dann nur dem verticalen Drucke und dem sich ergebenden Reibungswiderstande die nöthige Standfestigkeit entgegen zu setzen. — Dieses wäre allerdings ein Vorthell dieser Construction, wenn nicht mit der eben beschriebenen Anordnung auch manche und zwar sehr beträchtliche Nachtheile verbunden wären.

Wir weisen nämlich auf den, auch von Hrn. Langer berührten Umstand hin, dass, wenn bei einer solchen Anordnung ein Bogen oder eine Kette zufällig belastet ist, die beiderseits liegenden Bögen oder Ketten im Scheitel eine bedeutende Verstärkung erfahren müssten, um den einwirkenden Kräften widerstehen zu können. Diese nöthige Materialmasse wäre so bedeutend, dass diese Mehrkosten für das Eisenmaterial die Mehrkosten für die Verstärkung der Mittelpfeiler (um den einseitigen Schub aufnehmen zu können), aufwiegen würden.

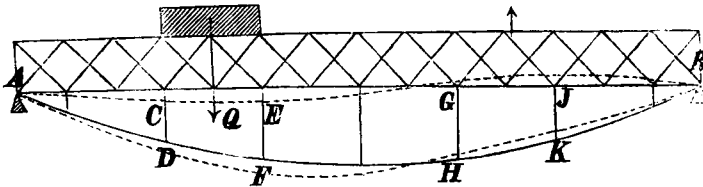
Bei Durchführung eines speciellen Beispielles wird Herr Langer ohne Zweifel unsere Ueberzeugung theilen.

Nun werden vom Herrn Langer auch für grosse Spannweiten seine ausgesteiften Ketten, ebenfalls mehrere an ein-

ander gereiht, sofort angewendet; da er aber zur Fixirung jeder zweiten Kette eigene massenhafte Pfeiler für unumgänglich nothwendig hält, so muss er offenbar zu dieser Anordnung nur durch die Annahme geleitet worden sein, dass die von uns vorerwähnte Inanspruchnahme im Scheitel jeder nicht belasteten Kette eine sehr bedeutende sein muss. — Bei einer solchen Anordnung, wie die eben erwähnte, ist es aber höchst unstatthaft ein solches System als ein Pfeilersparendes darzustellen, worauf doch Herr Langer immer besonderen Nachdruck legt.

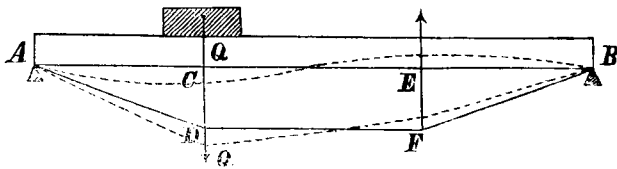
Wir übergehen nun auf das von Hrn. Langer vorgeschlagene combinirte System, und wollen zuerst das auf Tafel IV der Brochure und hier durch Fig 7 in einfachen Linien Dargestellte, einer Prüfung unterziehen.

Fig. 7.



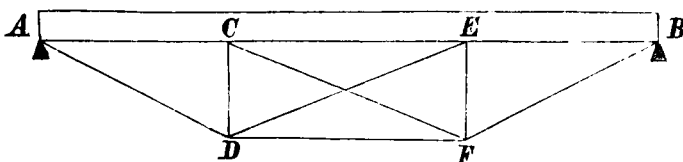
Denkt man sich auf den Balken AB , welcher durch die angebrachten Streben und die Kette armirt ist, eine örtliche Last z. B. Q auf der Länge CE wirkend, so ist erklärlich, dass sich der Druck durch die Streben CD und EF auf die Kette sogleich fortpflanzt. Diese senkt sich nun in den Punkten D und F ein, und bewirkt durch die in ihr eintretende Spannung ein Aufsteigen der Punkte H und K , somit auch des Balkens AB in den Punkten G und J , und dieser so armirte Balken übergeht bei einer solchen Belastung in die durch punctirte Linien angegebene Form. Dieses so zu Tage tretende Resultat lässt sich auch leicht aus dem ganz einfachen durch Fig. 8 dargestellten Fall herleiten. In diesem

Fig. 8.



Falle sei AB ein Balken, der durch die Streben CD und EF so wie durch die Bänder DF , AD und FB verstärkt erscheint. Die Wirkungen in einem solchen Balken bei einer örtlichen Belastung Q sind so bekannt, dass wir für unnöthig halten, hier die Entstehung der, durch die punctirte Linie angedeuteten Form des Balkens bei der erwähnten Belastung nachzuweisen, und besonders noch hervorzuheben, dass ein in dieser Weise verstärkter Balken gegen, durch die verschiedene zufällige Last, entstehende Formveränderungen einer Kreuzverstrebung in dem Felde $CDEF$ bedarf. (Fig. 9.) Wir

Fig. 9.

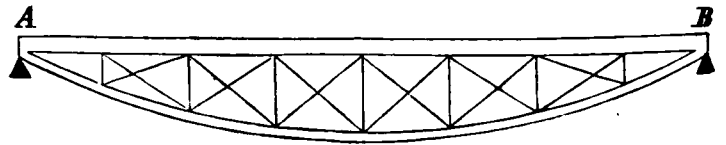


finden es auch hier für angemessen, auf die durch Brunel erbaute Eisenbahnbrücke über den Fluss *Wye* zu *Chepstow*

in der engl. Grafschaft Monmouth (Försters Bauzeitung 1852) aufmerksam zu machen.

Aus dem Gesagten geht deutlich hervor, dass das in Fig. 7 angedeutete System des Hrn. Langer gegen Formveränderung einer Kreuzverstrebung bedarf. Man hätte daher bei dem geraden Balken AB , Fig. 7, dessen Längsbänder näher aneinander zu rücken, und das so von den Gitterstreben gewonnene Material zur Kreuzverstrebung zwischen der Kette und dem oberen Balken zu verwenden, und erhielte auf diese Weise ein durch Fig. 10 in einfachen Linien dargestell-

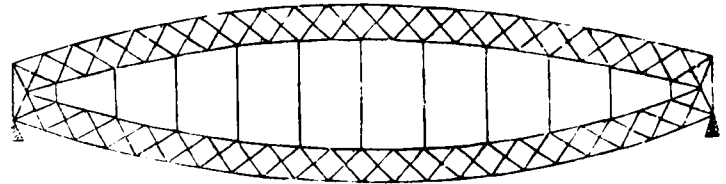
Fig. 10.



tes System, das bereits vielfach angewendet wurde. Wir bringen hier die bereits eingangserwähnte Brückenconstruction bei London von Fox und Henderson in Erinnerung.

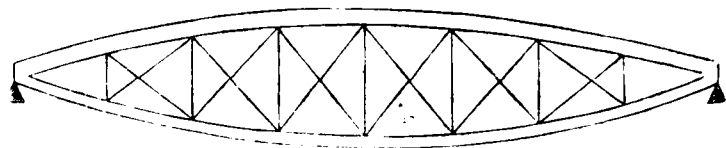
Auf gleiche Weise übergeht das in Fig. 11 angedeutete

Fig. 11.



System des Hrn. Langer in jenes Fig. 12, welches bereits

Fig. 12.



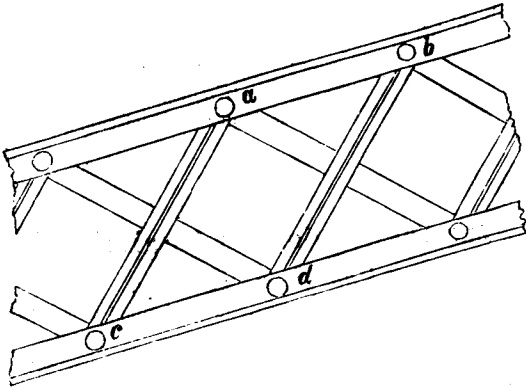
auch im Eingange durch die Vorführung der Isar-Brücke bei Gross-Hesselohe von Pauli einer Besprechung unterzogen wurde.

Indem wir nun die Constructionen des Hrn. Langer an und für sich der Prüfung unterzogen und auf deren Fehler hingewiesen haben, machen wir noch auf einen Mangel aufmerksam, welcher allen diesen Constructionen eigen ist. Dieses ist nämlich eine horizontale Diagonal-Verstrebung der Fahrbahn selbst. Letztere ist entweder einfach durch Stützen oder Hängeisen aufgelegt oder aufgehängt, und kann beliebig der Wirkung der beim Befahren der Brücke sich entwickelnden Kraft folgen. Wir ersuchen die in der Brochure gelieferten Pläne einzusehen und die Wahrheit des hier Gesagten tritt dann gewiss ohne Zweifel hervor.

4. Die von Hrn. Langer so vielseitig gerühmten Details, wodurch Querschnittsverschwächungen vermieden und Materialersparnisse nachgewiesen werden sollen, können diesem Zwecke nicht entsprechen.

Wenn man die Brochure nur durchblättert, so überzeugt man sich sogleich von der Wahrheit unserer Behauptung. Herr Langer stellt die Verbindung der Gitterstreben mit den Längsbändern grötentheils auf die in Fig. 13 angedeu-

Fig. 13.



tete Weise her. Dass durch die Nieten und Bolzen *abcd* u. s. w., welche die erwähnte Verbindung übernehmen sollen, die so formirten Längsbänder und Streben verschwächt werden, geht aus dem ersten Blicke auf die Figur unverkennbar hervor. Alsdann verschwindet auch die von Hrn. Langer vorgehobene Materialersparniss.

5 Das äusserst geringe Gewicht, welches Herr Langer seinen Constructionen für verschiedene Spannweiten zugemessen, ist, abgesehen davon, dass diesen Angaben jeder Beweis für deren Richtigkeit fehlt, nur eine Folge von gemachten unzulässigen Annahmen.

Diese Annahmen beziehen sich auf die Bestimmung jener Coefficienten, welche einerseits die zufällige Belastung einer Brücke, anderseits die aus dieser Belastung bei dem verwendeten Eisenmaterial eintretende Inanspruchnahme desselben ausdrücken.

Alle nun bisher in Oesterreich ausgeführten grösseren eisernen Eisenbahnbrücken wurden in Folge hohen Ministerial-Erlases, Zahl 28621/901 — 1854, in der statischen Berechnung mit einer zufälligen Belastung von 140 Wiener Centner für die Currentklasten (Wiener Maass) eines Geleises bedacht. Kleinere Brücken erscheinen durch die nunmehr im Betriebe vorkommenden schweren Maschinen noch stärker belastet.

In Frankreich ist die zufällige in Rechnung zu bringende Belastung für Eisenbahnbrücken für ein Geleise mit 4000 Kilogramm pr. 1 Metre cour. d. i. 135 Wiener Centner für 1 Currentklasten vorgeschrieben. England belastet bei Eisenbahnbrücken ein Geleise mit 1 bis 1½ Tonnen für den Currentfuss (engl.) d. i. 110 bis 170 W. Ctr. für eine Currentklasten (Försters Bauzeitung 1853, Belastung der Newark Dyke Brücke von J. Cubitt.)

In Preussen wird die Belastung der Eisenbahnbrücken für ein Geleise mit beiläufig 2100 Pfund pr. 1 Currentfuss (preussisch), d. i. circa 130 W. Ctr. für 1 Currentklasten angenommen u. s. w.

Und für diese grossen Probe-Belastungen wird der Coefficient der Inanspruchnahme eines Quadratzolles Schmied- oder Walzeisen in Oesterreich angenommen mit 80 bis 90 W. Ctr.; in Frankreich mit 6 Kilogramm für 1 Quadrat Millimeter, d. i. 74 W. Ctr. für 1 Wr. Quadratzoll; in England höchstens 12000 Pfund für 1 Quadratzoll (englisch),

in Preussen 10000 Pfund für 1 Quadratzoll (preussisch) u. s. w.

Herr Langer nimmt aber für seine Brückenconstructionen die zufällige auf ein Bahngeleise für eine Currentklasten entfallende Last mit nur 100 W. Ctr. an; und der Coefficient der Inanspruchnahme für Schmied- oder Walzeisen für 1 Quadratzoll W. Maass wird sodann für Längsträger mit 200 Ctr., für Querträger mit 100 Ctr. und endlich für Tragstäbe und Tragstützen mit 50 Ctr. angenommen.

Da aber bei einer Brücke die Längsträger die eigentlichen Hauptträger bilden, und das meiste Materiale erfordern, und Herr Langer dieselben für 1 Quadratzoll mit 200 Ctr. in Anspruch nehmen lässt, so geht aus diesem und dem vorher Gesagten offenbar deutlich hervor, dass die von Hrn. Langer für seine Brückenconstructionen angegebenen Gewichte des Eisenmaterials als zu gering erscheinen müssen.

Wir halten es ferner für einen Gegenstand von besonderer Wichtigkeit hervorzuheben, dass eine Inanspruchnahme von 200 Ctr. für 1 Quadratzoll für Schmiedeseisen desshalb unzulässig erscheint, weil die bisher für Schmied- und Walzeisen angestellten Proben über dessen Tragfähigkeit nachgewiesen haben, dass die Elasticitätsgränze bei 200 Ctr. Inanspruchnahme pr. 1 Quadratzoll nahezu überschritten wird. Die Längsträger des Hrn. Langer müssten somit gleich bei stattfindender Probelastung unfehlbar eine bleibende Verbiegung, Dehnung und Verdrückung erleiden, die mit der Länge der Zeit zunehmen und endlich den ganzen Bau als zum Befahren untauglich darstellen würde.

Die Ansicht des Hrn. Langer, die Hauptträger am schwächsten, dagegen die Nebenträger, als: Querträger, Tragstützen und Tragstäbe am stärksten zu halten, ist zweifelsohne eine ganz irrige, denn wenn auch z. B. letztere in erster Linie den unmittelbaren Einwirkungen der Last zu widerstehen haben, so ist doch ihre Auswechslung im Falle des Schadhafthwerdens statthaft, was jedoch bei den Hauptträgern zur Unmöglichkeit wird, ohne den Betrieb einzustellen.

Und was ferner die Voraussetzung des Hrn. Langer anbelangt, zu Folge deren er das beste Eisen seinen Brückenconstructionen zukommen lässt, darf Herr Langer fest überzeugt sein, dass es gewiss eines jeden Ingenieurs Streben und Verpflichtung beim Bau eiserner Brücken war, das möglichst beste Eisen in Verwendung zu bringen. Herr Langer kann allerdings ein besseres Eisen, als üblich, sich bereiten lassen, er kann sogar auch Stahl verwenden, um die Inanspruchnahme dann vergrössern zu können, dass aber die Kosten einer solchen Construction sich bedeutend höher stellen müssten, ist von selbst einleuchtend.

Nachdem nun Herr Langer in seiner Brochure die Berechnungen einiger speciellen Entwürfe durchgeführt, ergeht sich derselbe in einigen Vergleichen seiner projectirten Brücken mit mehreren bisher ausgeführten und in Herstellung begriffenen Brücken. Unter Anderen wird die über die Theiss bei Szegedin nach dem Systeme des General-Directors der k. k. priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft Hrn. Maniel gebaute versteifte Bogenbrücke einem Vergleiche unterzogen, und da wir in der Lage sind, gerade über diesen Bau näher

unterrichtet zu sein, finden wir uns verpflichtet, hier für's Erste auszusprechen, dass diese Brücke nicht mit dem von Hrn. Langer angegebenen Kostenaufwande von 3 Mill. Guld. sondern nur mit dem im Vergleiche zur Grösse des Objectes äusserst geringen Betrage von 1.800.000 Gulden hergestellt wurde. Für's Zweite soll hier bemerkt werden, dass bei der statischen Berechnung dieser Brücke eine zufällige Last für ein Bahngleise mit 4000 Kilogramm für 1 Currentmeter, d. i. 135 W. Ctr. für die Currentklaffer angenommen, und für diese Last eine Inanspruchnahme von blos 7 Kilogrammen pr. 1 Quadrat-Millim., d. i. 8674 Pfund für 1 Quadratzoll (diese Normen gelten für alle durch die Staatseisenbahn-Gesellschaft zu erbauenden grösseren Brücken) festgesetzt wurde.

Diese oben angegebene zufällige Last wurde auch bei der Erprobung dieser Brücke festgehalten, und es verdient hier besonders hervorgehoben zu werden, dass diese Probe selbst die glänzendsten Resultate, und somit den besten Beweis für die Vorzüglichkeit der Construction geliefert hat.

Herr Langer stellt nun diese Brücke nach seinem Ketensystem mit einem Eisengewicht von 30.000 Ctr. und dieses mit $\frac{1}{2}$ Million Gulden, sowie die von ihm benötigten Pfeiler mit dem Aufwande von auch nur $\frac{1}{2}$ Million Gulden, also die ganze Brücke mit 1 Million Gulden her. Hier nimmt Herr Langer wieder selbstverständlich die zufällige Belastung für 1 Geleise mit 100 Ctr. für 1 Currentklaffer und die Inanspruchnahme des Eisens mit 200 Ctr. für 1 Quadratzoll, und, was auch besonders hervorgehoben werden muss, 1 Ctr. angearbeitete Eisenconstruction von Schmiedeisen mit Inbegriff aller Gerüstungen mit 16 fl. 40 kr. an.

Ein jeder Ingenieur, der in Oesterreich Eisenconstructionen auszuführen Gelegenheit gehabt, muss unumwunden erklären, dass die Annahme des eben erwähnten Preises für angearbeitetes Schmiedeisen eine maasslose Unzulässigkeit ist, welche sich nur jener Ingenieur zu Schulden kommen lassen kann, welcher nicht die hinreichende, hier allein maassgebende Erfahrung besitzt.

Und eben so, wie durch den Vergleich der soeben besprochenen, Brücke wird auch durch weitere in der Brochure des Hrn. Langer angestellte Vergleiche mit mehreren anderen Brücken, von ihm alles schätzenswerthe Wissen bewährter Ingenieure durch ähnliche unstatthafte Annahmen und Behauptungen angetastet.

Wir können noch zum Schlusse gegenüber den von Hrn. Langer gemachten Mittheilungen entgegnen, dass die Berechnung der eisernen Brücken in unserer Zeit gewiss einen hohen Grad der Ausbildung erreicht hat. Die Richtigkeit der allgemeinen Anschauung und der auf solcher Anschauung beruhenden Theorie hat sich durch die Erfolge stets und überall bewährt.

Jeder wissenschaftlich gebildete Ingenieur weiss, dass die Ersparung nicht in maassloser Projectmacherei liegt, wohl aber in haushälterischer Eintheilung des Baues und namentlich in richtiger Aufeinanderfolge der einzelnen Bauoperationen; und dass zu diesen Operationen auch ein richtig durchdachter Plan gehört, wird immer mehr zur allgemeinen Erkenntniss kommen, und Herr Langer darf überzeugt sein, dass

diesen naturgemässen Entwicklungen Nichts schädlicher sein kann, als seine bisher gemachten Mittheilungen.

Szobb, am 25. April 1859.

Im Namen mehrerer Ingenieure.

Wilhelm Bukowsky
Ingenieur der Staatseisenbahn-Gesellschaft.

Zur Construction der Gasglocken. *)

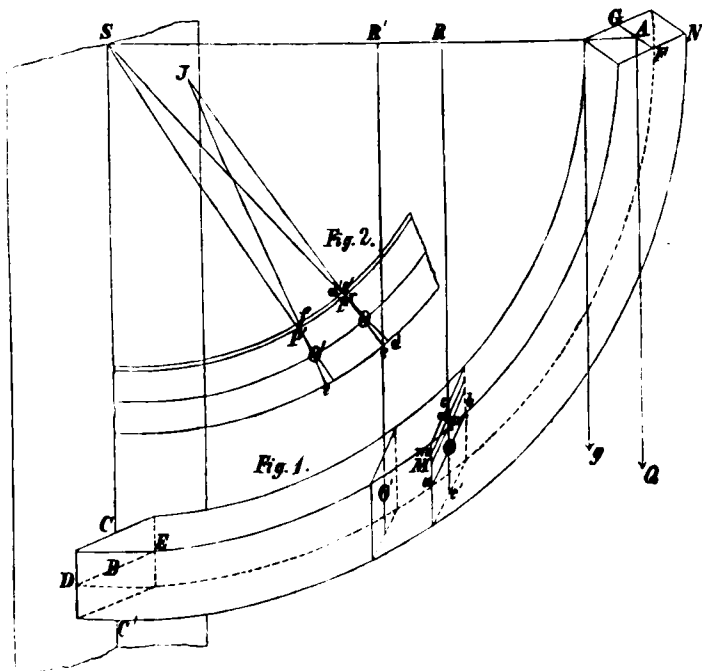
Von J. v. Almásy,

Beamter der k. k. priv. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft.

Wenn man die Blechdicke einer Gasglocke etwa nach der Formel für die Blechdicken der Dampfkessel bestimmen wollte, so würde dieselbe, da der Ueberdruck der Gasspannung nur einer Wassersäule von 2—4 Zoll entspricht, so gering ausfallen, dass eine solche Glocke ganz und gar unbrauchbar wäre. Da jedoch hier die Glocke weniger mit Rücksicht auf ihre absolute Festigkeit, als vielmehr für ihre möglichst grosse Unbiegsamkeit berechnet werden soll, so ist es vor allem nöthig, die Metalldicke eines eisernen Cylinders, der auf eine horizontale Ebene gelegt durch sein eigenes Gewicht nur um $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ seines Durchmessers zusammengedrückt wird, zu kennen, indem diese Bedingung im äussersten Falle sich als hinlänglich erweist.

I.

Es sei $C'N$ (Fig. 1) ein an dem einen Ende B eingemauert und am andern Ende A mit dem Gewichte Q in einer Entfernung $AS = Z$ belasteter, nach einer beliebigen Curve gekrümmter Balken von einem rechteckigen Vertical-Querschnitte, welcher unter der Voraussetzung, dass er gegen die



*) Beim Baue von Gasglocken pflegt gegenwärtig den ausübenden Ingenieur meistens nur die Erfahrung zu leiten, ohne dass derselbe hiezu in den gebräuchlichen Schriften und Formelsammlungen der Mechanik theoretische Anhaltspuncte finden könnte. Der Verfasser versucht es hiemit, diesem Zweige der Blechconstructionen, in Uebereinstimmung mit dem Ideengange des hochverdienten Prof. Hrn. Adam R. v. Burg, eine wissenschaftliche Grundlage zu verleihen.

Krümmung, Neigung und Länge des Balkens sehr klein ist, als durchaus gleich angenommen werden kann.

Ferner sei $DEFG$ die neutrale, d. h. jene von der horizontalen Geraden DE aufsteigende durch den Schwerpunkt und Mittelpunkt des Rechteckes gehende Schichte, in welcher die Fasern weder ausgedehnt, noch zusammengedrückt werden, in welcher also die Gleichgewichtssaxe ab eines jeden Querschnittes $acbc'$ liegt.

In einem beliebigen verticalen Querschnitte $acbc'$, welcher vom Aufhängpunkte A den Abstand $AR = z$ haben mag, nehme man die durch den Punkt O auf der Gleichgewichtssaxe ab perpendicularäre Gerade cOc' zur Abscissenaxe und O zum Ursprung der rechtwinkligen Coordinaten für die das Rechteck bildenden Geraden; setze also für einen beliebigen Punkt des Umfanges $OP = x$ und $MP = y = \frac{b}{2}$.

Nimmt man $Pn = dx$ und zieht durch n die Ordinate nm , so ist die Fläche des unendlich schmalen Rechteckes $Mn = ydx = \frac{b}{2} dx$ und man kann annehmen, dass die Fasern dieses Rechteckes in diesem Querschnitte oder in einer unendlich dünnen Scheibe fd von der Dicke $OO' = dz$ (Fig. 2) alle gleich viel, nämlich um Pr ausgedehnt werden, so dass die Fasern in dieser Schichte Mn von der Länge $P'r$ in jene PP' übergehen, während diese Ausdehnung in derselben Schichte in den weiter gegen B liegenden Querschnitten allmählig zunimmt, also nur für eine unendlich kleine Distanz $OO' = dz$ als gleichbleibend angesehen werden kann.

Ist nun der Widerstand, welchen die in dieser von der Gleichgewichtssaxe ab um x abstehenden Schichte liegenden Fasern der durch die Biegung des Balkens bewirkten Ausdehnung Pr entgegensetzen, auf die Flächeneinheit bezogen $= p''$; für die obersten Fasern bei c desselben Querschnittes $acbc'$ gleich p' , so wie endlich der Widerstand dieser obersten Fasern am letzten, d. i. von A am weitesten abstehenden Querschnitte $DCEC$, nämlich bei C gleich p ; so hat man, da sich diese Widerstände innerhalb der Elasticitätsgrenze wie die Stärke der Spannungen und diese wieder wie die bewirkten Ausdehnungen verhalten — sofort: $p'' : p' = Pr : cd = OP : Oc$ oder wenn man $Oc = \frac{h}{2}$ setzt: $p'' : p' = x : \frac{h}{2}$. Ferner ist: $p' : p = z : Z$ (weil das statische Moment der Spannkraft also auch die Ausdehnung bei derselben Faser von A gegen B wie AR zunimmt und bei nur geringen Biegungen Z ohne Fehler wieder für den senkrechten Abstand des Punktes A von der Ebene MN genommen werden kann), folglich wenn man beide Proportionen zusammen setzt: $p'' : p = zx : \frac{hZ}{2}$,

woraus $p'' = \frac{2pxz}{hZ}$ folgt.

Die vorhin genannte, im Querschnitte $acbc'$ liegende unendlich dünne Schichte Mn von der Fläche $ydx = \frac{b}{2} dx$ widersteht also der Ausdehnung mit der Grösse:

$$p'' \cdot \frac{b}{2} dx = \frac{pbzx}{hZ} dx,$$

und es ist das statische Moment dieses Widerstandes in Beziehung auf die Achse ab sofort:

$$\frac{xpbzx}{hZ} = \frac{pbzx^2}{hZ} dx,$$

folglich die Summe dieser Momente für alle im Querschnitte Oca liegenden Fasern:

$$= \int_0^{\frac{h}{2}} \frac{pbzx^2}{hZ} dx = \frac{phz}{hZ} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{h^3}{3} = \frac{pbzh^2}{24Z},$$

wobei z von x völlig unabhängig ist. Derselbe Ausdruck entspricht auch der Summe der Momente der Widerstände der Fasern im Querschnitte Ocb . Die Summe dieser beiden Ausdrücke gibt dann das Gesamtmoment für die obere Fläche acb , in welcher nämlich die Fasern ausgedehnt werden. Man hat somit für das Gesamtmoment M des Widerstandes der ausgedehnten Fasern:

$$M = \frac{1}{12} \cdot \frac{pbzh^2}{Z}.$$

Da man, was auch durch Versuche bestätigt wird, annehmen kann, dass innerhalb der Elasticitätsgrenze für das Zusammendrücken der Fasern dieselben Gesetze, wie für ihre Ausdehnung gelten, so erhält man genau eben so für das Gesamtmoment M' des durch das Zusammendrücken der Fasern in der unteren Hälfte des Querschnittes $ac'b$ erzeugten Widerstandes:

$$M' = \frac{1}{12} \cdot \frac{pbzh^2}{Z}.$$

Da nun sowohl die Ausdehnung der Fasern in der oberen Hälfte des Querschnittes $acbc'$ (d. i. der unendlich dünnen Scheibe fd) als auch die Zusammendrückung solcher in der unteren Hälfte $ac'b$ durch die Last Q bewirkt wird, so muss auch für den Stand des Gleichgewichtes deren statisches Moment Qz der Summe der beiden oben entwickelten Momente gleich sein, so dass also, wenn man gleich mit z abkürzt,

$$Q = \frac{1}{6} \cdot \frac{pbh^2}{Z}.$$

II.

Um den Biegungswiderstand eines solchen Körpers für den Fall unseres Problemes zu finden, denke man sich die Curve, nach welcher der Balken vor der Biegung gekrümmt ist, als einen Kreisquadranten vom Halbmesser r im Sinne der vorliegenden Zeichnung Fig. 1 und die Last G gleichmässig über denselben vertheilt. Diese gleichförmig vertheilte Last oder das eigene Gewicht sei vorläufig durch eine am freien Ende tangential und lothrecht wirkende Kraft Q repräsentirt.

Zieht man nun in den Punkten OO' Fig. 2 dieses Balkens die Normalen Oc' , $O'f$ und verlängert diese bis zu ihrem Durchschnittspunkte J , so bildet dieser den Mittelpunkt des Krümmungskreises für das Curvelement OO' nach der Biegung, wofür $JO = JO' = \rho$ der Krümmungshalbmesser ist.

Die ursprüngliche vor der Biegung bestandene Länge der obersten Fasern in dem Körperelement fd ist $ed = dz$, dagegen nach der Biegung $ec = dz + \triangle dz$. Bezeichnet man die Ausdehnung, welche das Gewicht von 1 Pfund in einem Prisma von 1 Quadratzoll Querschnitt und 1 Fuss Länge hervorbringt mit $\frac{1}{M}$ (wo M den Elasticitätsmodul bedeutet), so ist $\triangle dz : \frac{1}{M} = dz \cdot p' : 1$, woraus $\triangle dz = \frac{p'}{M} dz$ folgt, oder

weil $p' : p = z : r$, also $p' = \frac{pz}{r}$ ist: $\triangle dz = \frac{pz}{rM} dz$.

Da die Bogenelemente OO' und cd als gerade Linien zu nehmen sind, so geben die beiden ähnlichen Dreiecke OJO' und cOd die Proportion:

$$dO : dc = O'J : OO' \text{ d. i. } \frac{h}{2} : \triangle dz = \rho : dz,$$

so dass also, wenn man für $\triangle dz$ den Werth aus der vorigen Gleichung setzt, $\frac{h}{2} dz = \frac{p}{Mr} \rho dz$, oder $\rho = \frac{Mhr}{2pz}$ wird. Nun

ist aber $Q = \frac{1}{6} \frac{pbh^3}{r}$, folglich $p = \frac{6Qr}{bh^3}$, somit:

$$\rho = \frac{Mhr}{2z} \cdot \frac{bh^3}{6Qr} = \frac{1}{12} \cdot \frac{Mbh^3}{Qz} \quad (1).$$

Um jedoch den Krümmungshalbmesser ρ durch eine leichter messbare Grösse und zwar durch die im Punkte A Statt findende Senkung, Biegung oder Pfeil AA' , den wir durch δ bezeichnen wollen, bei alleiniger Wirkung des eigenen Gewichtes zu ersetzen, hat man:

$$\rho = \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} : \frac{d^2y}{dx^2},$$

oder da für kleine Biegungen $\frac{dy}{dx}$ der Neigung der an diesen Punkt gezogenen Tangente des Kreises entspricht, für welchen $r^2 = x^2 + y^2$ ist:

$$\rho = \frac{r^3}{(r^2 - x^2)^{\frac{3}{2}}} : \frac{d^2y}{dx^2}.$$

Im Ausdrucke (1) wird man statt Qz das Moment des Gewichtes des Bogenstückes setzen.

Zu diesem Ende sei G das Gewicht des Kreisquadranten, so ist das Gewicht der laufenden Längeneinheit des Bogens gleich $\frac{G}{\frac{1}{4}\pi} = \frac{2}{r\pi} G$ und das Gewicht jenes Stückes, dessen horizontale Projection = z ist,

$$= \frac{2}{r\pi} G \cdot r \cdot \text{arc cos } \frac{x}{r} = \frac{2}{\pi} G \cdot \text{arc cos } \frac{x}{r}.$$

Da dieses Gewicht im Schwerpunkte (Halbirungspunkte) des Bogenstückes wirksam ist, so ist dessen Moment

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} r \sin \text{vers } \frac{\alpha}{r} \cdot \frac{2}{\pi} G \text{ arc cos } \frac{x}{r} = \frac{rG}{\pi} \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \text{ arc cos } \frac{x}{r} = \\ &= \frac{rG}{\pi} \left[1 - \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{r-z}{r} \right)} \right] \text{ arc cos } \frac{r-z}{r} = \\ &= \frac{rG}{\pi} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{z}{2r}} \right) \text{ arc cos } \frac{r-z}{r}. \end{aligned}$$

Entwickelt man die beiden Factoren in Reihen, so wird:

$$1 - \left(1 - \frac{z}{2r} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{z}{4r} + \frac{z^2}{32r^3} + \frac{z^3}{128r^5} + \frac{z^4}{512r^7} + \dots$$

welche Reihe so schnell convergirt, dass man ohne Bedenken obigen Ausdruck = $\frac{z}{4r} + \frac{z^2}{32r^3}$ annehmen kann.

Ferner ist:

$$\text{arc cos } \frac{r-z}{r} = \frac{\pi}{2} - \frac{r-z}{r} - \frac{1}{2} \frac{(r-z)^3}{3r^3} - \frac{1}{2 \cdot 4 \cdot 5 r^5} \dots$$

Auch hier kann man wegen der ziemlich starken Convergenz $\text{arc cos } \frac{r-z}{r} = \frac{\pi}{2} - 1 + \frac{z}{r}$ setzen.

Das gesuchte Moment ist demnach gleich

$$\frac{rG}{\pi} \left[0,5708 \left(\frac{r-x}{4r} + \frac{(r-x)^2}{32r^3} \right) + \frac{(r-x)^2}{4r^2} + \frac{(r-x)^3}{32r^5} \right].$$

Schreibt man dieses in die Gleichung (1) statt Qz , so wird:

$$\frac{1}{12} \frac{Mbh^3}{rG} \cdot \frac{\pi}{\frac{1}{12} \frac{Mbh^3}{rG} \cdot \frac{\pi}{0,5708 \left(\frac{r-x}{4r} + \frac{(r-x)^2}{32r^3} \right) + \frac{(r-x)^2}{4r^2} + \frac{(r-x)^3}{32r^5}} =$$

Setzt man die beiden Ausdrücke für ρ einander gleich, so wird:

$$\frac{1}{(r+x)^{\frac{1}{2}} (r-x)^{\frac{1}{2}}} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{0,5708 \left(\frac{r-x}{4r} + \frac{(r-x)^2}{32r^3} \right) + \frac{(r-x)^2}{4r^2} + \frac{(r-x)^3}{32r^5}},$$

wo Kürze halber der constante Coefficient $\frac{1}{12} \frac{Mbh^3 \pi}{r^2 G} = e$ gesetzt wurde.

Auf diese Weise erhält man:

$$\begin{aligned} \frac{1}{e} \cdot \frac{0,5708 \left(\frac{1}{4r} + \frac{r-x}{32r^3} \right) + \frac{r-x}{4r^2} + \frac{(r-x)^2}{32r^5}}{(r+x)^{\frac{1}{2}} (r-x)^{\frac{1}{2}}} &= \frac{d^2y}{dx^2} = \\ \frac{1}{e} \cdot \frac{0,5708 \cdot \frac{9}{32r} - \frac{0,5708x}{32r^3} + \frac{9}{32r} - \frac{10x}{32r^3} + \frac{x^2}{32r^5}}{(r+x)^{\frac{1}{2}} (r-x)^{\frac{1}{2}}} &= \\ \frac{1}{e} \cdot \frac{\frac{14,1372}{32r} - \frac{10,5708x}{32r^3} + \frac{x^2}{32r^5}}{(r+x)^{\frac{1}{2}} (r-x)^{\frac{1}{2}}} &= \end{aligned}$$

Wenn man die rechte Seite dieser Differenzialgleichung in eine Reihe entwickelt und sich wegen deren raschen Convergenz mit den ersten vier Gliedern begnügt, so erhält man:

$$d \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{1}{e} \left(\frac{14,1372}{32r^2} - \frac{24,708x}{32r^4} + \frac{65,5532x^2}{64r^5} - \frac{33,712x^3}{64r^6} \right) dx,$$

und nach der Integration

$$\frac{dy}{dx} = \text{tang } \alpha' + \frac{1}{e} \left(\frac{14,1372x}{32r^2} - \frac{12,354x^2}{32r^4} + \frac{21,851x^3}{64r^5} - \frac{8,428x^4}{64r^6} \right),$$

weil für $x = 0$, $\frac{dy}{dx} = \text{tang } \alpha'$ sein muss.

Nach abermaliger Integration erhält man:

$$y = -r + x \text{ tang } \alpha' + \frac{1}{e} \left(\frac{7,0686x^2}{32r^2} - \frac{4,118x^3}{32r^4} + \frac{5,4627x^4}{64r^5} - \frac{1,6856x^5}{64r^6} \right),$$

weil für $x = 0$ $y = -r$ sein muss.

Betrachtet man die Ordinaten für $x = \pm r$ als die Senkungspeile, so hat man:

$$\delta = -r + r \text{ tang } \alpha' + \frac{1}{er} \cdot 0,15122 \text{ für } x = +r.$$

und

$$\delta = -r - r \text{ tang } \alpha' + \frac{1}{er} \cdot 0,46126 \text{ für } x = -r.$$

oder

$$0 = -2r \text{ tang } \alpha' + \frac{1}{er} \cdot 0,31004;$$

hieraus folgt:

$$r \text{ tang } \alpha' = 0,15502,$$

und somit

$$\delta = -r + \frac{0,15502}{er} + \frac{0,15122}{er} = -r + \frac{0,30624}{er}$$

als Senkung des durch die Axe horizontal halbirten Cylinders in seiner unteren Hälfte. Restituirt man in diesem Ausdrucke den Werth für e , so lautet unsere wichtige Bedingungs-
gleichung

$$\delta = -r + \frac{1,16979 r^3 G}{Mbh^3}$$

III.

Liegt ein blecherner Cylinder auf einer horizontalen Ebene und ist er der Wirkung des eigenen Gewichtes überlassen, so wird derselbe unter dem Einflusse der Schwere im Allgemeinen seinen verticalen Durchmesser verkürzen. Um die Natur dieser Verkürzung des verticalen Diameters, beziehungsweise der Verlängerung des horizontalen, kennen zu lernen, bedenke man, dass die zwei bezüglich der horizontalen Diametralebene oberen Quadranten bloss dem Drucke des eigenen Gewichtes ausgesetzt sind, während die unteren nicht allein

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{e'} \left[\frac{1}{r^2} + \frac{14,1372}{32 \pi r^3} - \left(\frac{1}{r^2} + \frac{24,708}{32 \pi r^3} \right) x + \left(\frac{3}{2r^2} + \frac{65,5532}{64 \pi r^3} \right) x^2 - \left(\frac{3}{2r^2} + \frac{33,712}{64 \pi r^3} \right) x^3 \right],$$

worin $e' = \frac{1}{12} \frac{Mbh^3}{r^3 G}$, und ferner:

$$\frac{dy}{dx} = \tan \alpha'' + \frac{1}{e'} \left[\left(\frac{1}{r^2} + \frac{14,1372}{32 \pi r^3} \right) x - \left(\frac{1}{2r^2} + \frac{12,354}{32 \pi r^3} \right) x^2 + \left(\frac{1}{2r^2} + \frac{21,851}{64 \pi r^3} \right) x^3 - \left(\frac{3}{8r^2} + \frac{8,428}{64 \pi r^3} \right) x^4 \right],$$

endlich

$$y = -r + x \tan \alpha'' + \frac{1}{e'} \left[\left(\frac{1}{2r} + \frac{7,0686}{32 \pi r^2} \right) x^2 - \left(\frac{1}{6r^2} + \frac{4,118}{32 \pi r^3} \right) x^3 + \left(\frac{1}{8r^2} + \frac{5,4627}{64 \pi r^3} \right) x^4 - \left(\frac{3}{40r^2} + \frac{1,6856}{64 \pi r^3} \right) x^5 \right].$$

Nun ist

$$\text{für } x = +r \dots \delta' = -r + r \tan \alpha'' + \frac{1}{e'} \left(\frac{23}{60} + \frac{0,15122}{\pi} \right)$$

$$n \quad x = -r \dots \delta' = -r - r \tan \alpha'' + \frac{1}{e'} \left(\frac{52}{60} + \frac{0,46126}{\pi} \right)$$

daher

$$0 = -2r \tan \alpha'' + \frac{1}{e'} \left(\frac{29}{60} + \frac{0,31004}{\pi} \right),$$

oder

$$r \tan \alpha'' = \frac{1}{e'} \left(\frac{29}{120} + \frac{0,15502}{\pi} \right),$$

also

$$\delta' = -r + \frac{1}{e'} \left(\frac{29}{120} + \frac{0,15502}{\pi} \right) + \frac{1}{e'} \left(\frac{23}{60} + \frac{0,15122}{\pi} \right) = -r + \frac{1}{e'} \left(\frac{5}{8} + \frac{0,30624}{\pi} \right).$$

Es beträgt somit die Senkung der unteren Quadranten

$$\delta' = -r + \frac{7,5 r^3 G}{Mbh^3} + \frac{1,16979 r^3 G}{Mbh^3} = -r + \frac{8,66979 r^3 G}{Mbh^3},$$

während für die oberen

$$\delta = \dots = +r - \frac{1,16979 r^3 G}{Mbh^3}$$

und im Mittel für jede Hälfte

$$\frac{\delta + \delta'}{2} = \Delta = \frac{3,75 r^3 G}{Mbh^3}$$

ist.

Zur practischen Ausführung unseres Problemes sind die ersteren Formeln nicht zu brauchen, wohl aber die letzte und wir wollen sie deshalb auch unmittelbar anwenden.

Es bleibe nämlich festgesetzt, dass $\Delta = \frac{1}{20} r$ sei, so ist für gewalztes Eisenblech nach vielfachen Erfahrungen der Elasticitätsmodulus $M = 22000000$, wobei G in Wiener Pfunden und die übrigen Zahlen in Zollen zu nehmen sind*).

*) In der Natur der Sache liegt es, dass b und h in Zollen berechnet werden, und hieraus folgt, dass eigentlich Δ mit r homogen ist.

dem Drucke des Eigengewichtes folgend sich biegen, sondern auch dem Drucke der auf ihnen ruhenden oberen Quadranten nachgeben müssen.

Nach dieser Betrachtung wird man einsehen, dass die zuletzt gewonnene Relation mit Rücksicht auf unser Problem nur für die obere Quadranten gilt und eigentlich

$$\delta = +r - \frac{1,16979 r^3 G}{Mbh^3}$$

lauten soll.

Will man die analoge Senkung für die unteren Quadranten entwickeln, so muss man, da hier ausser der gleichförmig über dem Körper vertheilten Last (dem eigenen Gewichte G) auch noch an seinem Ende die Last G wirkt, in die Gleichung (1) statt

$$Qx \dots G(r-x) + \frac{rG}{\pi} \left[0,5708 \left(\frac{r-x}{4r} + \frac{(r-x)^2}{32r^2} \right) + \frac{(r-x)^2}{4r^2} + \frac{(r-x)^3}{32r^3} \right]$$

setzen und die Rechnung ganz so wie oben weiter fortführen.

Man erhält hiedurch:

Nimmt man endlich das Gewicht eines Cubiczolles Blech sammt Nieten und Anstrich zu 0,295 Pfd., so wird

$$h^3 = \frac{3,75 r^3 \cdot \frac{r\pi}{2} \cdot b \cdot h \cdot 0,295}{\frac{1}{20} r \cdot 22 \cdot 10^6 \cdot 6} \quad \text{oder} \quad h = \frac{r\sqrt{r}}{796},$$

woraus wir zugleich ersehen, dass die Dicke der Blechplatten von der Höhe der Glocke unabhängig sei.

Beispielsweise berechnet man die Blechdicke für $r = 18' = 216''$ ungefähr auf 4 Zoll. Wenn man jedoch erwägt, dass der Druck der ganzen Glocke auf jeden Quadratfuß der Grundfläche nur 8 bis 11 Pfd. betragen darf, dass für den grössten Inhalt beim geringsten Materialaufwande, die Höhe der Glocke gleich ihrem Halbmesser oder wenigstens nahezu gleich gemacht werden soll und dass es höchst wünschenswerth ist, keine Gegengewichte anwenden zu müssen, dass also das Gewicht der Glocke pro Quadratfuß der Oberfläche 3 bis 4 Pfd. durchschnittlich nicht übersteigen darf, was einer

Blechdicke von beinahe $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Wr. Linie entspricht, so wird man begreifen, dass die für den speciellen Fall oben berechnete Metalldicke viel zu gross ist und daher die Formel bloss die analytische Deutung ausdrückt, dass man an geeignete Mittel denken soll, die gewünschte Steifigkeit des Cylinders herzustellen. Da nun dieselbe am zweckmässigsten durch zwei gleiche schmiedeiserne Ringe erzielt werden kann, so wollen wir unter der Voraussetzung, dass ihr Querschnitt quadratförmig und das Blech $\frac{1}{2}$ Linien dick ist, denselben berechnen.

Zu diesem Behufe braucht man nur in jener Formel $M = 25000000$ (weil diess der Modulus für Schmiedeisen), $b' = h$, $G = \frac{r\pi b}{4} \cdot \frac{2,3}{144}$ (wobei das Gewicht des Ringes selbst gegen die verhältnissmässig grosse Last vernachlässigt wird), zu setzen, worauf man erhält:

$$h^4 = \frac{3,75 r^3 \cdot r\pi b \cdot 2,3}{4,144 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{20} r} \text{ oder } h = \frac{\sqrt[4]{b r^3}}{71}$$

Ist nun der quadratische Querschnitt der Ringe bekannt, so ist es leicht, dieselben durch andere von Winkeleisen zu ersetzen, nämlich solche zu berechnen. Denn nimmt man z. B. an, der Ring von Winkeleisen, der den Deckel mit den Seiten verbindet, habe ein Siebentel der Breite zur Dicke, so findet man, wenn diese Breite gleich der oben gefundenen Seite h des Quadrates gemacht wird, dass der obere Lappen noch durch einen an denselben angenieteten Kranz (annular ring of boiler plates) von Kesselblech verlängert werden muss, dessen Breite, wenn die Dicke $\frac{1}{2}h$ von ihr beträgt, nach folgender approximativer Gleichung gefunden wird:

$$\frac{1}{6} m \frac{h \cdot h^3}{l} = \frac{1}{6} m \frac{h}{l} \left(\frac{1}{7} h\right)^3 + \frac{1}{6} m \frac{1}{7l} \left(\frac{6}{7} h\right)^3 + \frac{1}{6} m \frac{1}{24} \beta \cdot \beta^3,$$

woraus $\beta = 2,2 h$.

Aus später zu erörternden Gründen braucht man diese Verstärkung am unteren Ringe nicht vorzunehmen.

Obige Andeutung wird für den Constructeur genügen, die Breite des Winkeleisens (angle-iron curb) zu finden, wenn selbes ohne die oben gemeinte Verstärkung angewendet werden sollte. Allein man wendet die erstere Art darum gerne an, weil durch das Zusammennieten von Platten, deren Dicken nicht bedeutend von einander differiren, eine grössere Solidität und bleibendere Dichtigkeit erreicht wird.

IV.

Will man den Senkungspfeil statt für einen kreisförmig gebogenen, für einen horizontalen auf einer Seite eingemauerten Balken wissen, so braucht man nur in den ursprünglichen Gleichungen $r \sin \text{vers} \frac{\alpha}{2} = r \arccos \frac{r-z}{r} = z$ und die Rechnung wie früher fortsetzen*), und man findet auf diese Weise $\delta = \frac{3}{2} \frac{GZ^3}{Mbh^3}$ für den Fall, wenn nur das eigene Ge-

wicht oder eine gleichförmig auf dem Balken vertheilte Last diese Bewegung hervorbringt. Wirkt nebst einer solchen auch noch die Kraft Q am freien Ende, so setzt man in jene Differenzialgleichung statt dem Momente $Qz \dots Qz + \frac{1}{2} G \frac{z^2}{Z}$ und erhält als Ausdruck der elastischen Linie eine Gleichung des 4. Grades, aus welcher man dann findet:

$$\delta = \frac{12 Z^3}{Mbh^3} (\frac{1}{2} Q + \frac{1}{2} G).$$

Wirkt die am freien Ende des elastischen Stabes angebrachte Kraft Q aufwärts, so muss man in dieser Gleichung das Gewicht des Stabes negativ nehmen, so dass

$$\delta = \frac{12 Z^3}{Mbh^3} (\frac{1}{2} Q - \frac{1}{2} G)$$

wird. Liegt nun ein Stab horizontal an beiden Enden frei auf und wird dieser in der Mitte mit dem Gewichte Q belastet, so bringt dieses im Verein mit dem eigenen Gewichte eine Biegung δ hervor, welche sich (stets unter der Voraussetzung, dass die Belastung unter der Elasticitätsgrenze liegt) auf folgende Weise bestimmen lässt.

Ist q der Druck, welchen jede der beiden Stützen erleidet und G' das Gewicht von der halben Länge l' des Stabes, so befindet sich jede solche Hälfte in derselben Lage, als wenn diese im Halbirungspuncte eingemauert und am freien Ende durch eine Kraft q vertical aufwärts gezogen würde; es ist daher nach der vorigen Formel:

$$\delta = \frac{12 l'^3}{Mbh^3} (\frac{1}{2} q - \frac{1}{2} G'),$$

oder wegen $l' = \frac{1}{2} l$, $q = \frac{1}{2} G$, $G' = \frac{1}{4} G$, (wenn nämlich wieder G das Gewicht des ganzen Stabes bezeichnet) nach gehöriger Substitution und Reduction:

$$\delta = \frac{l^3}{4 Mbh^3} \cdot \frac{5}{8} G.$$

Der Deckel einer Gasglocke wird, der Wirkung der Schwere allein überlassen, eine Form annehmen, welche der Rotation der zuletzt betrachteten elastischen Curve um ihre grösste Ordinate entspricht. Um den Pfeil dieser Fläche zu finden, denke man sich dieselbe von Zoll zu Zoll durch parallele Sehnen in Streifen geschnitten, so erhält man für die Biegung des mittleren Streifens, welcher durch das Centrum geht: $\delta = \frac{(2r)^3}{4 Md^3} \cdot \frac{5}{8} \cdot 2r \cdot d \cdot 0,295$. Darf $\delta = \frac{1}{15} r$ sein, so

wird $d = \frac{r \sqrt{r}}{1410}$ sein müssen. Nach dieser Formel berechnet man für $r = 18$ Fuss, $d = 2\frac{1}{2}$ Zoll! Man macht zwar den Deckel von etwas stärkerem Blech als die Seiten, weil oft auch dessen absolutes Tragvermögen in Anspruch genommen werden kann, indessen wäre die Blechdicke von $2\frac{1}{2}$ Zoll jedenfalls zu gross.

Wohl dürfte Jemand einwenden, der Deckel liege ja nicht frei sondern werde durch die Niete am Umfange in einer gewissen Spannung erhalten, wodurch sich diese Senkung vermindert; allein, da die dauernde Dichtigkeit nur dann sichergestellt ist, wenn jene Niete so wenig als möglich zu tragen haben, so muss man auf Mittel bedacht sein, diesen Zug gegen das Centrum, welcher im vollen Zustande der Glocke vom

*) Doch ist dabei zu bemerken, dass hier die Curve von der Geraden wenig abweicht und $\rho = -1 : \frac{d^2 y}{dz^2}$ (wegen der Kleinheit von $\frac{dy}{dz}$, nämlich der Tangente des Neigungswinkels des Bogenelementes gegen die horizontale Coordinatenachse) gesetzt werden kann.

Gegendruck ziemlich überwunden wird, auch im leeren Zustande wenigstens theilweise aufzuheben. Solche Mittel sind:

1. Eine gemauerte oder gegossene Säule oder wenn letztere zu dick ausfallen würde, mehrere meistens hohle gusseiserne Säulen von der Höhe der Glocke, auf welche sich diese im leeren Zustande stützt und an denen überdies noch die Röhren für die Ein- und Ausströmung recht passend befestigt werden können.

2. Die Unterstützung des Deckels durch Streben.

Berechnung der inneren Tragsäule. Ist der Querschnitt des ursprünglich betrachteten Balkens ein Kreis und der Balken nur an einem Ende horizontal eingemauert, so braucht man nur in dem dortigen Integralausdrucke

$\frac{h}{2} = r$ und $\frac{b}{2} = y$ zu setzen, um das Moment des

Viertelkreises zu erhalten, nämlich $\int_0^r \frac{p z}{2 r Z} x^2 dx$.

Da nun für den Kreis $x^2 + y^2 = r^2$, so geht dieser Ausdruck über in:

$$\begin{aligned} \frac{p z}{r Z} \int_0^r x^2 \sqrt{r^2 - x^2} dx &= \\ \frac{p z}{r Z} \left(\frac{1}{2} (x^3 - \frac{1}{2} r^2 x) \sqrt{r^2 - x^2} + \frac{1}{2} r^4 \arcsin \frac{x}{r} \right) &= \\ = \frac{p z}{r Z} \cdot \frac{1}{2} r^4 \arcsin 1 = \frac{p z r^3}{8 Z} \cdot \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

Es ist somit das Moment der ganzen Kreisfläche

$$= \frac{4 p z r^3 \pi}{16 Z}, \text{ oder die Grösse } Q' = \frac{1}{4} \frac{p \pi r^3}{Z}.$$

Um aus dieser Formel jene für hohle Säulen abzuleiten, seien R und r der äussere und innere Halbmesser, m und m' die absoluten Festigkeiten der Fasern an der äusseren und inneren Fläche der Säule, so ist die Festigkeit des äusseren

Cylinders $Q' = \frac{1}{4} m \pi \frac{R^3}{H}$ und die des inneren, dieser als massiv gedacht, $Q'' = \frac{1}{4} m' \pi \frac{r^3}{H}$ oder wegen $m' : m = r : R$ woraus

$m' = \frac{r}{R} m$ folgt, auch $Q'' = \frac{1}{4} m \frac{\pi r^3}{R H}$; folglich ist die Festigkeit der hohlen Säule $Q = Q' - Q'' = \frac{1}{4} m \pi \left(\frac{R^3 - r^3}{R H} \right)$.

Buchanan gibt für hohle gusseiserne Wellen als das zweckmässigste Verhältniss zwischen dem inneren und äusseren Halbmesser jenes von 3 : 4; Tredgold nimmt die Wandstärke zu $\frac{1}{16}$ des äusseren Halbmessers an. Folgt man dem Ersteren, so hat man:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{4} m \pi \cdot \frac{R^3 - \left(\frac{3}{4} R\right)^3}{R H} = \frac{1}{4} m \pi \cdot \frac{R^3 - \frac{27}{64} R^3}{R H} = \\ &= \frac{m \pi}{1024} \cdot \frac{175 R^3}{H} = 0,172 \frac{m \pi R^3}{H} \end{aligned}$$

Denkt man sich nun eine solche hohle Säule auf einer festen horizontalen Ebene eingemauert und deren anderes in derselben Verticalebene liegendes Ende mit dem Gewichte Q belastet, so wird dadurch eine seitliche Ausbiegung der neutralen Schichte hervorgebracht. Da nun dieser Fall mit dem oben angedeuteten des horizontalen Balkens ganz analog ist, mit dem einzigen Unterschiede, dass dort das statische Moment der Last in Beziehung auf den Querschnitt in $M = Qz$

ist, während es hier durch Qy ausgedrückt wird, so hat man, wenn man in der Differenzialgleichung Qy statt Qz setzt:

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = - \frac{1}{0,172 \pi R^3 M} Qy,$$

oder wenn man mit dy multiplicirt:

$$dy \cdot \frac{d^2 y}{dz^2} = - \frac{Qy dy}{0,172 \pi R^3 M},$$

d. i., da dz constant ist:

$$\left(\frac{dy}{dz} \right)^2 = C - \frac{Qy^2}{0,172 \pi R^3 M}.$$

Da für $y = \delta$ der Quotient $\frac{dy}{dz} = 0$ ist, so hat man zur

Bestimmung der Constanten C die Bedingungsgleichung:

$$0 = C - \frac{Q\delta^2}{0,172 \pi R^3 M}, \text{ woraus } C = \frac{Q\delta^2}{0,172 \pi R^3 M} \text{ folgt,}$$

so dass

$$\left(\frac{dy}{dz} \right)^2 = \frac{Q}{0,172 \pi R^3 M} (\delta^2 - y^2)$$

wird.

Aus dieser Gleichung folgt ferner:

$$dy = dz \sqrt{\frac{Q(\delta^2 - y^2)}{0,172 \pi R^3 M}},$$

oder

$$\frac{dy}{\sqrt{\delta^2 - y^2}} = dz \sqrt{\frac{Q}{0,172 \pi R^3 M}},$$

so dass man durch Integration derselben erhält:

$$\arcsin \frac{y}{\delta} = z \sqrt{\frac{Q}{0,172 \pi R^3 M}}$$

ohne Constante.

Aus dieser Gleichung folgt unmittelbar

$$y = \delta \sin \left(z \sqrt{\frac{Q}{0,172 \pi R^3 M}} \right).$$

Da aber für $z = b$ (für geringe Biegungen gerader Säulen) $y = \delta$ sein muss, so folgt aus dieser Gleichung:

$$\sin \left(b \sqrt{\frac{Q}{0,172 \pi R^3 M}} \right) = 1$$

und aus dieser wieder:

$$b \sqrt{\frac{Q}{0,172 \pi R^3 M}} = \frac{\pi}{2},$$

woraus

$$Q = \left(\frac{\pi}{2b} 0,172 \pi R^3 M \right).$$

Nimmt man den Modulus für Gusseisen = 13000000 an,

so erhält man aus der letzten Gleichung: $R = \frac{\sqrt[3]{b^2 Q}}{258}$, worin

b die Höhe der Glocke in Wr. Zollen, Q das Gesamtgewicht derselben in Wr. Pfunden und R den äusseren Radius der Säule bedeutet. Strenge genommen sollte R kleiner genommen werden, weil die Säule nur einen aliquoten Theil des Totalgewichtes zu tragen hat, allein aus Rücksicht für den zerstörenden Einfluss des Wassers und der Röhrenbefestigungen, soll R dennoch den obigen Werth erhalten. —

Damit aber dessenungeachtet der Cylindermantel, vertical aufgestellt, an und für sich sein eigenes und das Gewicht des Deckels zu tragen im Stande sei, nietet man an der inneren Seite desselben von Fuss zu Fuss verticale Träger und zwar für je 5 bis 6 Fuss des Durchmessers Einen, entweder

von Flacheisen oder von canellirtem Eisen (corrugated iron bars), welches sich hier wegen des grossen Tragvermögens bei namhafter Leichtigkeit ganz besonders empfiehlt, an und befestigt dieselben von Fuss zu Fuss an das Blech und an die beiden Ringe mittelst je einem Bolzen an den Enden. Durch diese Vorkehrung wird nicht nur viel an Steifigkeit gewonnen, sondern man schont auch dadurch die Nieten der oberen Tafeln, welche nun weniger von dem Gewichte der untern werden zu tragen haben, und erhöht auf diese Weise die Dichtigkeit bedeutend.

Um den Querschnitt eines solchen Trägers zu erhalten, hat man in der Auflösung der Differenzialgleichung für verticale Träger, da für diesen Fall das untere Ende des Stabes auf der fixen Horizontalebene frei aufliegt, statt $b \dots \frac{b}{2}$ und statt des Ausdruckes rechts $\frac{1}{12} M b' h^3$ zu setzen. Hierauf ist $Q' = \frac{\pi^2}{b^2} \cdot \frac{1}{12} M b' h^3$, worin jedoch Q' den auf einen Träger entfallenden Theil des Totalgewichtes der Glocke zu bedeuten hat. Ist die Anzahl solcher Träger gleich $\frac{2r}{5.12} = \frac{r}{30} = n$, wobei man jedoch stets die naheliegenden für den Kreis commensurablen Grössen berücksichtigen wird, und wird $h = \frac{1}{4} b'$ gemacht, so ist

$$Q' = Q : \frac{r}{30} = \frac{30 Q}{r} \text{ und } \frac{Q}{n} = \frac{\pi^2}{b^2} \cdot \frac{1}{12} \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot b' \cdot \frac{b^3}{343},$$

woraus

$$b' = \frac{\sqrt[3]{Q b^3 : n}}{15,5}.$$

V.

Innere Verstrebung.

1. Annehmbare Entfernung (l) der Unterstützungspuncte.

Gestattet man, dass für den Deckel $\delta = \frac{1}{20} l$ für das freie Aufliegen des centralen Nietenstreifens der Blechplatten sei, so ist $\frac{1}{20} l = \frac{l^3}{4 M b d^3} \cdot \frac{5}{8} g$, worin $b = 1$ Zoll, d die doppelte Blechdicke und $g = 0,295 l d$ ist. Aus dieser Gleichung findet man $l = 288 \sqrt[3]{d^3}$.

Nimmt man für den Deckel durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ Linien dickes Blech, so ist $d = \frac{1}{2}$ Zoll und man findet demnach für die vortheilhafte Entfernung der Stützpunkte des Deckels beiläufig 10 Fuss, welches Resultat als Anhaltspunkt für das Anbringen von Streben und die periphere Anordnung der inneren Tragsäulen dienen kann.

2. Als Anzahl der Streben ist es am passendsten, jene der zuletzt betrachteten Tragurten zu nehmen.

3. Der Druck auf jeden Stützpunkt.

Die Streben werden meistens von Rundeisen angefertigt und einerseits an die Tragbänder, andererseits an concentrische Ringe von Winkeleisen, die an den Deckel angenietet sind, durch Schraubenbolzen befestigt.

Ist der Deckel von durchaus gleich dickem Bleche hergestellt, so lastet offenbar auf der Peripherie des Randes das halbe Gewicht des Kreisringes zwischen dem Rande und dem

nächsten Winkeleisen; der Druck auf das letztere ist gleich dem Gewichte der anderen Hälfte des besprochenen Ringes mehr der Hälfte des nächsten Kreisringes u. s. w. Ist nur ein Ring von Winkeleisen vorhanden, so drückt auf ihn mit Ausnahme des Antheiles, der auf dem äussersten Rande ruht, das ganze Gewicht des Deckels.

Es sei nun z. B. der für den letzten Fall berechnete Druck auf den Ring q Pfunde, also $\frac{q}{n}$ der hievon auf jede einzelne Strebe entfallende Antheil, und L die Entfernung der Stützen vom Rande, so bleibt noch der vortheilhafteste Neigungswinkel α der Streben gegen den Horizont auszumitteln. Zu diesem Ende zerlegt man den Druck $\frac{q}{n}$ in zwei Seitenkräfte, die eine s längs des Deckels, die andere t längs der Strebe von der unbekannten Länge λ . Man hat:

$$L = \lambda \cos \alpha,$$

oder

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{L^2}{\lambda^2}} \text{ und } s = \frac{q}{n} \cotang \alpha, t = \frac{q}{n \sin \alpha}$$

daher auch

$$s = \frac{q}{n} \cdot \frac{L}{\sqrt{\lambda^2 - L^2}} \text{ und } t = \frac{q}{n} \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda^2 - L^2}}.$$

Da nun der Druck s durch die relative Festigkeit des Ringes, dessen Querschnitt wir uns vorläufig als quadratisch denken wollen, und t durch die rückwirkende Festigkeit des Rundeisens zu bewältigen ist, so wird, wenn man statt des Ringes ein reguläres n -Eck im Kreise r' nehmen möchte, wobei die Strebe in der Mitte einer jeden Seite lehnt,

$$\frac{q}{n} \cdot \frac{L}{\sqrt{\lambda^2 - L^2}} = 4 \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{m h^3}{2 r' \sin \frac{360^\circ}{2n}} = \frac{1}{3} \frac{m h^3}{r' \sin \frac{360^\circ}{2n}},$$

und

$$\frac{q}{n} \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda^2 - L^2}} = \frac{\pi^2 M \rho^4}{4 \lambda^3}.$$

Hiebei ist zu bemerken, dass die erste Gleichung, in welcher m das Tragvermögen des Schmiedeisens = 6000 Pfd. bedeutet, darum richtig ist, weil ein Balken, der an beiden Enden frei aufliegt, in der Mitte eine viermal so grosse Last zu tragen vermag, als wenn er an einem Ende eingemauert und am andern belastet wäre.

Die zweite Gleichung gibt:

$$\rho^4 = \frac{4 q}{n M \pi^2} \cdot \frac{\lambda^3}{\sqrt{\lambda^2 - L^2}},$$

welche Function, wie man leicht findet, für $\lambda = L \sqrt[3]{2}$ zum Minimum wird und aus welcher man sodann:

$$\rho^4 = \frac{4 q}{n M \pi^2} \cdot \frac{L^3 \sqrt[3]{2}}{\sqrt{3 L^2 - L^2}} = \frac{6 q L^2 \sqrt[3]{2}}{n M \pi^2 \sqrt[3]{2}} = \frac{6 \sqrt[3]{3}}{M \pi^2} \cdot \frac{q L^2}{n}$$

oder

$$\rho = \frac{\sqrt[3]{\frac{q}{n} L^2}}{92}$$

findet.

Die erste der obigen Bedingungsgleichungen gibt:

$$h^3 = \frac{q}{n} \cdot \frac{L}{\sqrt{\lambda^2 - L^2}} \cdot \frac{3 r' \sin \frac{360^\circ}{2n}}{m}$$

und nach Substitution des günstigsten Werthes für λ ,

$$h^* = \frac{q}{n} \cdot \frac{L}{\sqrt{\frac{1}{2}L^2 - L^2}} \cdot \frac{3r'}{m} \sin \frac{360}{2n}$$

oder

$$h = \sqrt{\frac{3\sqrt{2}}{m}} \cdot \sqrt{\frac{q}{n} \sin \frac{360}{2n}} = \frac{1}{6} \sqrt{\frac{q}{n} \sin \frac{360}{2n}};$$

wonach die Breite des Winkelleisens, wenn man solches anwenden wollte, sich leicht berechnen lässt. Für den vortheilhaftesten Neigungswinkel der Streben gegen den Horizont folgt nunmehr $\alpha = 13^\circ 16'$.

Zur Berechnung der Grösse q ist es nöthig den Halbkreis des Kreisringes zu kennen, weil in diesem Kreise die Schwerpunkte sämtlicher Ringsectoren, welche durch radiale Schnitte entstehen, liegen, und derselbe das Gewicht des Ringes, nämlich dessen Fläche in zwei gleiche Hälften theilt.

Darum muss auch

$$\frac{r^2 \pi - r'^2 \pi}{2} = r''^2 \pi - r'^2 \pi \text{ oder } r^2 + r'^2 = 2r''^2,$$

d. i.

$$r'' = \sqrt{\frac{r^2 + r'^2}{2}}$$

sein. Ist man zur Kenntniss von r'' auf diese Weise gelangt, so unterliegt es keiner Schwierigkeit, den Druck auf jeden einzelnen Ring von Winkelleisen zu berechnen, denn er ist z. B. für nur Einen Ring gleich $r''^2 \pi$ multiplicirt mit dem Gewichte des Bleches pro Quadrateinheit.

Die Untersuchung, ob die bereits behandelten verticalen Tragurten dem durch die Streben auf sie ausgeübten Drucke, ob letztere dem Zuge veranlasst durch die Expansion des Gases widerstehen können, und ob jene Tragurten, die auf ihre rückwirkende Festigkeit berechnet wurden, auch das Gewicht des Bleches zu tragen vermögen, erscheint wirklich überflüssig, nachdem bekanntlich einem verticalen Prisma mehr Gewicht angehängt als aufgelegt werden kann und fürs erste Bedenken der Widerstand des Bleches auch nicht ausser Acht zu lassen ist.

Die Streben sind keineswegs zu vernachlässigen, weil sie die Einbiegung des Randwinkelleisens nach Innen, welche durch die enorme Last des Deckels sicher erfolgen würde, unbedingt verhüten.

Bei Glocken von einem Durchmesser zwischen 18 bis 24 Fuss wird statt des Ringes ein passendes Kopfstück zur Befestigung der Streben, zwischen 25 bis 36 Fuss ein Ring u. s. w. angebracht.

VI.

Um diese Berechnungen, und vorzugsweise jene des oberen Ringes, einer Probe wenigstens einigermassen zu unterziehen, denken wir uns die ganze Glocke an zwei diametral gelegenen Punkten aufgehängt und untersuchen die Senkung, welche sich in Folge der auf dem Ringe gleichförmig vertheilten Last ergeben wird. Man kann sich nämlich die Sache so vorstellen, als ob jede Hälfte des Ringes in einer festen, ebenen, verticalen Wand, welche durch den Durchmesser, der auf dem die beiden Aufhängepunkte verbindenden senkrecht steht, eingemauert und an jeder Seite mit dem halben Gewichte entsprechend nach aufwärts gezogen wäre.

Abstrahirt man hier von der allentfälligen der Biegung und Brechung vorangehenden Torsion, so kann man sich vorstellen, wenn der Ring einen quadratischen Querschnitt hat, dass, da das Moment der Kraft von der Last und von dem Abstände von der Ebene der Momente abhängt, ein gerader Balken von der Länge $= 2r$, Höhe $= h$, und Breite $= 2h$ statt des Ringes auf zwei Unterstützungspunkten frei aufliege. Wohl dürfte man dafür nicht zugeben, dass auf diesem reducirten geraden Balken die obige Last gleichförmig vertheilt sei; — thut man es dennoch, so folgt aus der Formel:

$$\delta = \frac{l^3}{4Mb'h^3} \cdot \frac{5}{8} G, \text{ da } M = 25000000, l = 2r,$$

$$b' = 2h = \frac{2\sqrt{br^3}}{71}, G = (r^2\pi + 2r\pi b) \cdot \frac{3}{144} \text{ ist,}$$

$$\delta = \frac{r^3}{24b} + \frac{r}{12}.$$

Für $r = b$ z. B. sollte $\delta = \frac{1}{3} r$ sein. Da aber die Projectionen des Gewichtes auf den Durchmesser von der Mitte gegen die Enden hin abnehmen, also die Biegemomente der einzelnen Querschnitte gegen den Mittelpunkt zu kleiner werden, so ist leicht einzusehen, dass die wirkliche Biegung des Ringes viel weniger als $\frac{1}{3} r$ betragen wird.

Da jedoch eine Gasglocke nie an zwei, sondern mindestens an drei symmetrisch gelegenen Punkten der Peripherie aufgehängt wird, oder wenigstens mit zwei diametralen Punkten zwischen zwei verticalen Geraden geleitet, so wird, mag dieselbe voll oder leer sein, in der That nicht einmal diese Biegung hervorgebracht werden.

Man ist oft bei der Wahl der Dimensionen von dem Gesichtspunkte ausgegangen, dass die Höhe der Glocke gleich ihrem Halbmesser gemacht werden soll, weil man in diesem Falle beim gegebenen Inhalt das Minimum des Materials bedarf; allein im Allgemeinen ist dieser Gewinn nur scheinbar, denn der Bau der Wassercisterne gebietet, die Tiefe nach Möglichkeit zu vermindern und was noch wichtiger ist — bei der Ausführung einer soliden Construction der Glocke fällt der Druck derselben auf das Gas meistens zu gross aus, wenn zur Höhe der Halbmesser genommen wird. Diesem Uebelstande wird dadurch am einfachsten abgeholfen, dass man das Glockengewicht auf einer grösseren Grundfläche wirksam, d. h. dass man die Höhe kleiner als den Halbmesser macht, und darum den Durchmesser vergrössert.

Die Vergleichung vieler ausgezeichneten Glocken zeigt das Verhältniss der Höhe zum Durchmesser wie 0,369:1 als das angemessenste, somit soll

$$b = 0,738 r \text{ und } r = \sqrt[3]{\frac{J}{0,738\pi}} = 0,7555 \sqrt[3]{J} \text{ werden.}$$

Jedenfalls ist es nöthig, nach beendigtent Entwurfe einer Glocke, deren Druck auf das Gas rechnerungsweise genau zu prüfen, ob er nicht zu klein oder zu gross sei, um bei Zeiten die Dimensionen selbst oder Bestandtheile der Glocke, welche nicht besonders auf ihre Steifigkeit Einfluss nehmen, also namentlich die Blechdicke, rectificiren zu können.

Man ersieht nun aus dem Gesagten, dass bei diesen Constructionen eigentlich nur das Gerippe die Bedingungen der Stabilität des Baues in sich trägt, indem man sich bie

dem Bleche an die Grenzen von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zolldicke oder von 1,86 bis 5 Pfund pr. Quadratfuß (hier englisches Maass und Gewicht) hält und es würde den Raum dieser Blätter weit überschreiten, wenn man dieser Abhandlung Beispiele vorhandener Glocken, Berechnungen über Nieten, Ständer, Cisternen u. s. w. noch anhängen wollte.

VII.

Zusammenstellung.

Halbmesser der Glocke $r = 0,7555 \sqrt{J}$

Höhe " " $b = 0,738 r$

Breite des Winkeleisens für die Ränder . . $h = \frac{\sqrt[4]{br^3}}{71}$

Dicke " " " . . . $d' = \frac{1}{4}h$

Breite des flachen Ringes $\beta = 2,2 \text{ h}$

Dicke " " $\delta = \frac{1}{\pi} \beta$

Die erste Reihe der Blechtafeln des Deckels,	} 1½ bis 1½ Linie
„ „ „ „ der Seite von oben	
„ „ „ „ „ von unten	

Der Rest des Deckels verlangt die Blechdicke von 1 Linie

„ „ der Seite „ „ „ „ „ „
 „ Anzahl der flachen Eisenstäbe: auf je 5 bis 6 Fuss des
 Durchmessers Einer.

Breite dieser Stäbe $b' = \frac{\dot{V} Q b^2 : n}{15,5}$

Aeusserer Durchmesser d. inneren Säule $D = \frac{\sqrt[3]{Qb'}}{129}$

Breite des Winkeleisens eines innern

$$\text{Ringes} \dots\dots\dots = 0,1166 \sqrt{\frac{q}{n} \sin \frac{180^\circ}{n}}$$

Dicke desselben $\frac{1}{2}$ hievon.

Distanz der Unterstützungspunkte 9 bis 13 Fuss = L

Durchmesser des Rundeisens = $\frac{\sqrt{\frac{q}{n}} L^2}{46}$

Inclination der Streben $35\frac{1}{2}^{\circ}$.

Die Vernietung befolgt zwar die gewöhnlichen Regeln, nur muss man die grösstmögliche Dichtigkeit durch eine eingelegte Kittschnur zu sichern trachten und die Segmente des flachen Ringes mittelst Lappen von der Länge 1,2 h und der correspondirenden Breite mit einander verbinden.

In den ersten zwei Formeln ist es am passendsten J in Cub.-Fuss, r und b in Fuss auszudrücken, die übrigen Formeln beziehen sich insgesamt auf Zolle.

Man wird keine Schwierigkeiten finden, diese Formeln auch auf zusammenschiebbare Glocken auszudehnen, daher wir hiebei nicht weiter verweilen wollen.

Zur Theorie der bogenförmigen Gitterbrücken.

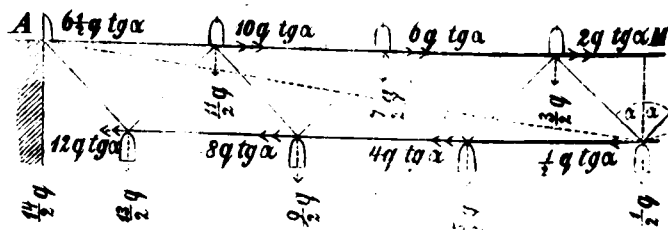
Von Josef Langer, k. k. Ingenieur.

Ueber die Einwirkung der Strebeglieder auf die Bolzen und Nieten bei balken- und bogenförmigen Gitterbrücken und über die Inanspruchnahme der Strebeglieder selbst.

Ein gerader Gitterbalken der einfachsten Art, bestehend aus horizontalem Stemm- und Zugband mit diagonalen Strebe-

gliedern Fig. 1 liege mit seinen beiden Enden auf festen Unterlagen frei auf. Der Gitterbalken sei der ganzen Länge nach mit

Fig. 1.



der Gesamtlast Q gleichmässig belastet, so dass von dieser Belastung auf jeden Kopf- und Fussknoten der Streben ein gleicher Theil q und auf jede der beiderseitigen Auflagen noch die Antheile $\frac{1}{2} q$ entfallen, wornach bei $2n$ Strebegliedern allgemein $2nq = Q$ wird.

Die Einwirkungen dieser Belastung auf die Stützen und Glieder des Systems und die Uebertragung der schwebenden Last von einer Stütze auf die Andere — in wagrechter Richtung an die Streckbalken, in lothrechter Linie an die Auflagen — sind in der Fig. I graphisch veranschaulicht.

Was die resultirenden Horizontalkräfte anlangt, so wirken sie auf das untere Streckband in den aufeinanderfolgenden Fussknoten mit

 $1q \operatorname{tg} \alpha, 4q \operatorname{tg} \alpha, 8q \operatorname{tg} \alpha, 12q \operatorname{tg} \alpha,$

nach der Richtung der beigesetzten Pfeile (nach den Auflagen hin); auf das obere Streckband wirken sie in den aufeinanderfolgenden Kopfknoten mit

$$2q \operatorname{tg} \alpha, 6q \operatorname{tg} x, 10q \operatorname{tg} \alpha, 6\frac{1}{2}q \operatorname{tg} \alpha$$

nach der Trägermitte hin, wie die betreffenden Pfeile andeuten.

Die Summe der erstern, von den Fussknoten der Streben ausgehenden Horizontalkräfte gibt die Maximalspannung im Streckbande mit

$$H_1 = (1 + 4 + 8 + 12) q \operatorname{tg} \alpha = 24,5 q \operatorname{tg} \alpha$$

und die Summe der letzteren, von den Kopfknoten ausgehenden Horizontalkräfte ist gleich der Maximalpressung im Stenumbande mit

$$H_2 = (2 + 6 + 10 + 6\frac{1}{2}) q \, tg \alpha = 24\frac{1}{2} q \, tg \alpha,$$

daher denn auch

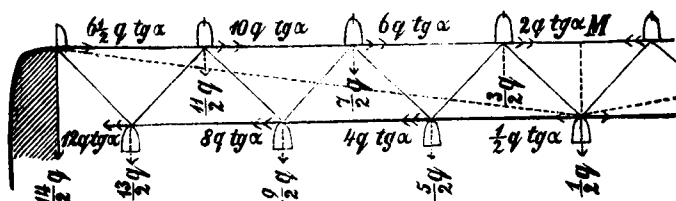
$$H_1 = H_2 = 24,4 \operatorname{tg} \alpha = \frac{Q}{8} \frac{L}{h},$$

durch L die freie Länge, durch h die Höhe der Gitterwand ausgedrückt.

Was ich hierbei besonders hervorzuheben beabsichtige, ist folgendes: Die von je zwei Streben im gemeinsamen Knotenpunkte an die Streckbänder übertragenen Horizontalkräfte wirken nach einerlei Richtung. Diese gleichartige Wirkung je zweier Streben trifft zunächst die Bolzen oder Nieten und vermittelt dieser die Streckbänder. Die Bolzen haben also im letzten Fussknotenpunkte (Fig. 1) die Maximalinanspruchnahme von $12q \operatorname{tg} \alpha$ auszuhalten.

Der Gitterbalken Fig. 2 unterscheidet sich von jenen Fig. 1 nur dadurch, dass er auf den Unterlagen nicht frei aufliegt, sondern in denselben festwurzelt, wodurch die Unterlagen zugleich als Widerlagen dastehen, und womit das obere Stemmband der Fig. 1 zum Zugbande wird. Die Fig. 2 liefert so ein einfaches balkenförmiges Hängwerk, bei welchem beide Längsglieder Zugbänder sind, auf Zug in Anspruch genommen.

Fig. 2



Die Art und Weise der Fortpflanzung der Lastwirkungen von Stütze zu Stütze und ihre Uebertragung auf die Widerlager erklärt sich bei den Gitterbalken Fig. 2 ganz und gar wie bei Fig. 1, so dass es eine Wiederholung des obigen wäre, davon zu reden. Die graphische Darstellung in Fig. 2 versinnlicht diess zur Genüge, wobei ich nur wieder hervorhebe, dass die von je zwei sich berührenden Streben im gemeinsamen Knotenpunkte an die Streckbänder übergehenden Horizontalkräfte nach einerlei Richtung wirken, so dass der betreffende Bolzen stets mit der Summe zweier Kräfte angegriffen wird, wornach dessen erforderliche Festigkeit zu beurtheilen kommt.

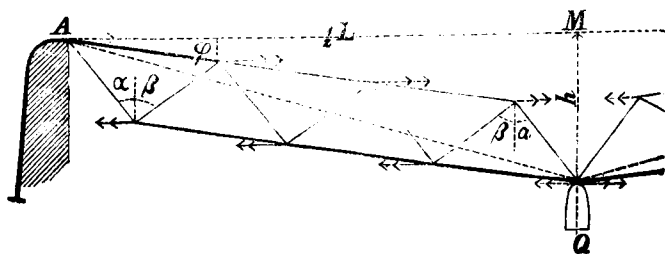
Im unteren Streckbände bleibt das Maximum der Spannung hier wie dort auf der freien Trägermitte, im obern Streckbände tritt aber diess Maximum nächst der Widerlager auf und zwar mit demselben obigen Werthe von

$$\frac{Q}{8} \cdot \frac{L}{h}$$

Wird die Belastung $Q = 2nq$ auf der freien Trägermitte concentrirt gedacht, so ergeben sich dieselben Wirkungen bezüglich der Gleichartigkeit und gleichen Richtung der Horizontalkräfte und deren Uebertragung an die Bolzen und Längsbänder. Nur dass die summarische Horizontalkraft in den Streckbändern sich verzweifacht, auf $\left(\frac{Q}{4} \cdot \frac{L}{h}\right)$ sich stellend, und dass sämtliche Streben von der Objectsmitte bis zum Widerlager die gleich grosse Maximalinanspruchnahme von $\frac{Q}{2 \cos \alpha}$ erleiden, während bei gleichförmig vertheilter Belastung durch Q nur die äusserste Strebe nächst der Auflagen diese Maximalspannung aufweist.

Gibt man dem Scheitel des Hängwerks eine grössere Senkung unter das Niveau der Aufhängepunkte, wie in Fig 3

Fig. 3.



angedeutet, so ändert sich in der Art und Richtung der einzelnen Lastwirkungen nichts, nur in der Grösse derselben tritt eine Aenderung u. z. eine Herabminderung nach Maassgabe des Abfallswinkels φ ein. Die Last Q wird nämlich hier nicht blos vermittelt der Strebeglieder auf die Widerlager übertragen, sondern zum gewissen von φ abhängigen Theile auch im Wege der geneigten Streckbänder. Durch die letzteren gelangt der Theil $\frac{Q}{2} \sin \varphi$ an die Auflagen, durch die

ersteren der übrige Theil

$$\frac{Q}{2} - \frac{Q}{2} \sin \varphi = \frac{Q}{2} (1 - \sin \varphi) \dots \dots (1)$$

Hiernach beträgt die Inanspruchnahme der Strebeglieder nicht mehr $\frac{Q}{2 \cos \alpha}$, wie oben, sondern ist

$$\left. \begin{aligned} \text{die Spannung der Zugstrebe } s &= \frac{Q}{2} (1 - \sin \varphi) \frac{1}{\cos \alpha} \dots \\ \text{die Pressung d. Druckstreben } p &= \frac{Q}{2} (1 - \sin \varphi) \frac{1}{\cos \beta} \dots \end{aligned} \right\} (2)$$

Die Horizontalkraft im Stützpunkte und im Hängescheitel ist nach wie vor in dem allgemeinen Ausdrucke

$$H = \frac{Q}{4} \cdot \frac{L}{h}$$

enthalten, in welchem h wieder den Höhenunterschied vom Stützpunkte zum Scheitel (die Pfeilhöhe) bezeichnet.

Für ein gleichmässig über die freie Trägerlinie vertheiltes Q übergeht natürlich die Formel in

$$H_1 = \frac{Q}{8} \frac{L}{h} = \frac{1}{2} H.$$

Die Bolzen übernehmen im Knotenpunkte des letzten Strebenpaares die nach einerlei Richtung horizontal wirkenden Zugkräfte von

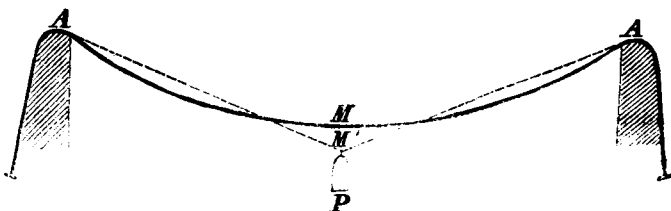
$$\begin{aligned} \frac{Q}{2} (1 - \sin \varphi) \operatorname{tg} \alpha + \frac{Q}{2} (1 - \sin \varphi) \operatorname{tg} \beta &= \\ = \frac{Q}{2} (1 - \sin \varphi) (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) \dots (3) \end{aligned}$$

Aus dem zuletzt gefundenen Werthe beurtheilt sich die Inanspruchnahme des Bolzens seitens der einwirkenden Strebeglieder.

Mit dem balkenförmigen Hängwerk Fig. 3 gehe ich auf das bogenförmige Kettenhängwerk über, indem ich statt der geradlinigen Zugbänder kettenbogenförmige wähle.

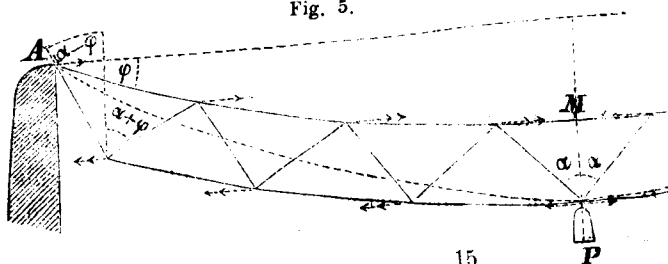
In Fig. 4 sei eine Kettencurve AMA zwischen zwei

Fig. 4.



Aufhängpunkten dargestellt. Von der Eigenlast derselben, als einer gleichförmig vertheilten, werde abstrahirt. In ihrem Hängescheitel mit dem zufälligen Gewichte P belastet, begibt sich die Curve in die gebrochene Lage der punctirten Linie $AM'A$, welche letztere die natürliche Stützlinie für die auf der Mitte concentrirte Last bildet, eine Stützlinie, die keiner Versteifung bedarf, um in der vom Gewichte P angestrebten Lage zu verharren. Soll aber die ursprüngliche Kettenlinie AMA in ihrer Form verbleiben, und gleichwohl die im Scheitel concentrirte Belastung P tragen, so erheischt sie eine Versteifung. Diese sei durch ein System von Gitterstreben nach obiger einfacher Art bewerkstelligt. Fig. 5.

Fig. 5.



dem Bleche an die Grenzen von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Zolldicke oder von 1,86 bis 5 Pfund pr. Quadratfuss (hier englisches Maass und Gewicht) hält und es würde den Raum dieser Blätter weit überschreiten, wenn man dieser Abhandlung Beispiele vorhandener Glocken, Berechnungen über Nieten, Ständer, Cisternen u. s. w. noch anhängen wollte.

VII.

Zusammenstellung.

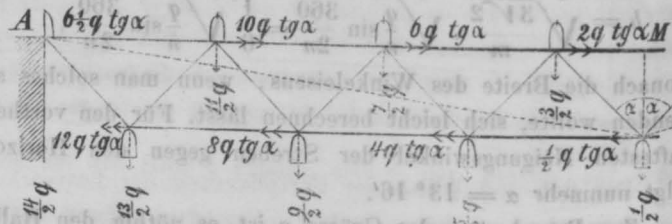
Halbmesser der Glocke $r = 0,7555 \sqrt{J}$

Höhe $b = 0,738 r$

Breite des Winkelleisens für die Ränder $\sqrt[4]{br^3}$

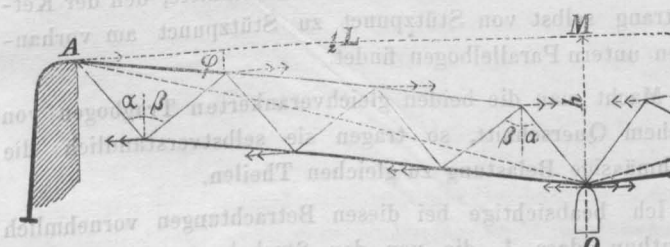
gliedern Fig. 1 liege mit seinen beiden Enden auf festen Unterlagen frei auf. Der Gitterbalken sei der ganzen Länge nach mit

Fig. 1.



der Gesamtlast Q gleichmässig belastet, so dass von dieser Belastung auf jeden Kopf- und Fussknoten der Streben ein

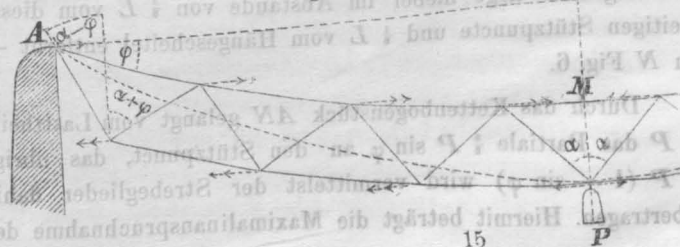
Senkung unter das Niveau der Aufhängepunkte, wie in Fig. 3.



angedeutet, so ändert sich in der Art und Richtung der einzelnen Lastwirkungen nichts, nur in der Grösse derselben tritt eine Aenderung u. z. eine Herabminderung nach Maassgabe des Abfallswinkels φ ein. Die Last Q wird nämlich hier nicht blos vermittelt der Strebeglieder auf die Widerlager übertragen, sondern zum gewissen von φ abhängigen Theile auch im Wege der geneigten Streckbänder. Durch die letzteren gelangt der Theil $\frac{Q}{2} \sin \varphi$ an die Auflagen, durch die

einer gleichförmig vertheilten, werde abstrahirt. In ihrem Scheitel mit dem zufälligen Gewichte P belastet, begibt sich die Curve in die gebrochene Lage der punctirten Linie $AM'A$, welche letztere die natürliche Stützlinie für die auf der Mitte concentrirte Last bildet, eine Stützlinie, die keiner Versteifung bedarf, um in der vom Gewichte P angestrebten Lage zu verharren. Soll aber die ursprüngliche Kettenlinie AMA in ihrer Form verbleiben, und gleichwohl die im Scheitel concentrirte Belastung P tragen, so erheischt sie eine Versteifung. Diese sei durch ein System von Gitterstreben nach obiger einfacher Art bewerkstelligt. Fig. 5.

Fig. 5.



Für die concentrirte Belastung P ist die Kettencurve AMA keine Gleichgewichtscurve, d. h. sie nimmt die Last P behufs der Uebertragung auf die Stützpunkte nicht in sich auf — mindestens nicht vollständig. Von der Last P übergeht nämlich im Wege des Kettenbogens nur der Theil

$$\frac{1}{2} P \sin \varphi$$

an jede der beiderseitigen Auflagen (durch φ den Abfallswinkel am Aufhängpunkte bezeichnet). Der übrige Theil der vorhandenen Belastung wird vermittelt der Strebeglieder an die Auflagen übertragen, und zwar im Antheile von

$$\frac{1}{2} P - \frac{1}{2} P \sin \varphi = \frac{1}{2} P (1 - \sin \varphi) \dots (4)$$

Die Inanspruchnahme der Strebeglieder beträgt demnach für jene nächst dem Scheitel (bei der vorausgesetzten in M concentrirten Belastung)

$$\frac{P}{2 \cos \alpha} \dots (5)$$

für jene zunächst der Aufhängpunkte beträgt sie

$$\left. \begin{aligned} \text{in den Zugstreben } s &= \frac{P(1 - \sin \varphi)}{2 \cos(\alpha - \varphi)} \dots \\ \text{in den Druckstreben } p &= \frac{P(1 - \sin \varphi)}{2 \cos(\alpha + \varphi)} \dots \end{aligned} \right\} (6)$$

Die vom äussersten Strebeknoten nach einerlei Richtung an die Kettenbögen übergehenden Horizontalkräfte betragen in ihrer horizontalen Componente

$$\frac{1}{2} P (1 - \sin \varphi) [\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)] \dots (7)$$

Ist die Belastung P über die ganze Länge des Kettenbogens gleich vertheilt, so erhält dieser seine Gleichgewichtseigenschaft auch für diese zufällige Belastung, wie er sie für die gleichförmige Eigenlast beständig besitzt. In diesem Falle wird die Last P zur Hälfte (mit $\frac{1}{2} P$) auf das eine zur Hälfte auf das andere Widerlager vollständig und allein durch die Kettenbögen (Tragbögen) übertragen und die Strebeglieder verhalten sich neutral.

Ist die zufällige Belastung nur auf Einer Brückenhälfte vorhanden, liegt nämlich von A bis M die Last $\frac{P}{2}$ vertheilt, so sind es wieder die Streben, vermittelt welcher die Kettenbögen in ihrer normalen Form erhalten werden. Denn die Strebeglieder nehmen ihre Function behufs der Steifhaltung des Kettenbogens in dem Maasse auf, als die zufällige Belastung mehr und mehr eine einseitige wird. Die grösste Einseitigkeit tritt ein, wenn die eine Brückenhälfte von A bis M belastet ist.

Bei dem Vorhandensein von $\frac{P}{2}$ auf einer Brückenhälfte fällt nach dem Gesetz des statischen Gleichgewichts

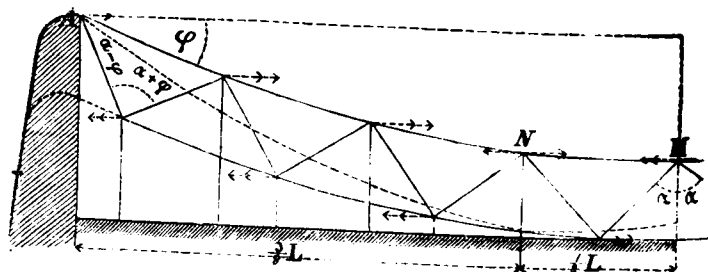
$$\frac{1}{2} \frac{P}{2} = \frac{1}{2} P \text{ auf der diesseitigen,}$$

$$\frac{1}{2} \frac{P}{2} = \frac{1}{2} P \text{ auf den jenseitigen}$$

Stützpunkt, und der Ort der geringsten Inanspruchnahme der Strebeglieder liegt hiebei im Abstände von $\frac{1}{2} L$ vom diesseitigen Stützpunkte und $\frac{1}{2} L$ vom Hängescheitel entfernt — in N Fig. 6.

Durch das Kettenbogenstück AN gelangt vom Lasttheile $\frac{1}{2} P$ das Partiale $\frac{1}{2} P \sin \varphi$ an den Stützpunkt, das übrige $\frac{1}{2} P (1 - \sin \varphi)$ wird vermittelt der Strebeglieder dahin übertragen. Hiermit beträgt die Maximalinanspruchnahme der

Fig. 6.



Streben nächst dem Aufhängpunkte in der Strebenrichtung

$$\left. \begin{aligned} s &= \frac{\frac{1}{2} P (1 - \sin \varphi)}{\cos(\alpha - \varphi)} \dots \\ \text{und beziehungsweise} \\ p &= \frac{\frac{1}{2} P (1 - \sin \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)} \dots \end{aligned} \right\} (8)$$

das erstere für die Zugstreben, das letztere für die Druckstreben geltend.

Die vom äussersten Strebeknoten nächst dem Aufhängpunkte an die Kettenbolzen nach einerlei Richtung abgegebenen Horizontalkräfte betragen alsdann:

$$\frac{1}{2} P (1 - \sin \varphi) [\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)] \dots (9)$$

In der Fig. 6 ist der kettenbogenförmige Gitterbalken, als steifes Kettenhängwerk, schon vollendet.

Der Kettenstrang AMA nimmt die Wirkungen der gleichmässigen (eigenen und zufälligen) Belastung in sich auf. Da im Kettenstrange AMA unter gleichmässiger Belastung der Horizontalzug durchgehends von A bis A ein gleicher ist, so wird in Folge dessen der untere parallele Kettenstrang des Systems, der zum Versteifungsapparat gehörige, von einem Ende zum andern gleichmässig mitgezogen, mitgenommen und hilft auf die Art dem obern Kettenstrange tragen, wogegen dieser in seinen Verlängerungen (Spannketten) von den Stützpunkten A bis zu den Ankerstellen O die Wirkung des Zuges allein auszuhalten hat. Diess bei gleichmässiger Belastung.

Verlängert man den untern Bogen über die letzten Strebeknoten hinaus und verankert ihn gleich dem obern in den Widerlagern, so ändert sich nichts im Systeme bezüglich der Wirkungsweise der Last, weder der gleichmässigen noch der einseitigen; nur erhalten die Spannketten AO des obern Kettenstranges denselben Zuwachs am Querschnitte, den der Kettenstrang selbst von Stützpunkt zu Stützpunkt am vorhandenen untern Parallelbogen findet.

Macht man die beiden gleichverankerten Tragbögen von gleichem Querschnitt, so tragen sie selbstverständlich die gleichmässige Belastung zu gleichen Theilen.

Ich beabsichtige bei diesen Betrachtungen vornehmlich darzuthun, dass 1. die von den Strebeknoten ausgehenden Horizontalkräfte, wie bei den balkenförmigen so bei den bogenförmigen Gitterbrücken, nach einerlei Richtung auf die Bolzen oder Nieten wirken, dass 2. diese Horizontalwirkung im Zusammenhange mit der Maximalinanspruchnahme der Strebeglieder sowohl beim geraden Gitterbalken wie beim bogenförmigen ihr Maximum in den Strebegliedern nächst der Stützpunkte erreicht; dass überhaupt 3. der bogenförmige Gitterbalken unter einseitig vorhandener Betriebslast bezüglich der Wirkungsart der Streben auf die Bolzen und

Längsbänder so zu betrachten und zu beurtheilen ist wie der balkenförmige.

Es kann bei einer gewissen Detailanordnung der constituierenden Ketten- und Strebeglieder einer versteiften Hängebrücke von Wichtigkeit sein, genau zu wissen, in welcher Art und in welchem Maasse die Bolzen von den Strebegliedern afficirt werden, um den erforderlichen Widerstand jener zu beurtheilen.

Auf dem Wege der vorstehenden, nur beiläufig durchgeführten Betrachtung, gelange ich zu jener Anschauung bezüglich der Maximalinanspruchnahme der Gitterstreben des versteiften Ketten- und Stützbogens, womit ich die genaue Beantwortung der betreffenden Frage zum Abschluss zu bringen gedenke, welche in der weitem Fortsetzung dieser auf die Ausbildung der Theorie der bogenförmigen Gitterbrücken hinizielenden Untersuchungen dem Urtheile der Fachgenossen anheim gestellt werden soll.

(Fortsetzung folgt.)

Maschine zum Sculptiren in Stein, Marmor, Holz und anderem Material, von Dutel und Valet.

Mitgetheilt von A. Delbrück.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 18).

Der Apparat, der unter dem Namen Sculptirmaschine im Folgenden beschrieben wird, ist ein Werkzeug, mit dessen Hülfe man irgend einen Gegenstand der Sculptur copiren kann, indem man ihn entweder nach einem gewissen Verhältniss reducirt oder vergrößert.

Fig. 1 (Bl. Nr. 18) ist eine senkrechte Projection von der ganzen Maschine, wenn sie in Thätigkeit ist; die Bank und die Supports sieht man im Durchschnitt und das Schneideisen ausserhalb; Fig. 2 ist eine horizontale Projection ganz ausserhalb gesehen, das Werkzeug genau in horizontaler Ebene gedacht, um die schiefen Richtungen zu vermeiden; Fig. 3 ist eine Endansicht, in der das Arbeitseisen weggedacht und durch seine geometrischen Achsen dargestellt ist; Fig. 4 ist ein Querschnitt durch die Achse des grossen Tisches, auf den das Modell gesetzt wird, wenn eine Reduction gemacht werden soll; Fig. 5 ist ein Querschnitt der Bank vor den Supports, welche den zweiten Tisch tragen.

Diese Maschine soll also in einem gewissen Verhältniss verschiedene Sculpturgegenstände darstellen, deren Originale von Marmor, Gips, Holz oder Bronze sind und wovon die Copien, mit Ausnahme des Metalles, von irgend einem Material ausgeführt werden können. Die von Dutel erfundene Maschine, nach welcher die vorliegende gedacht ist, hatte den Zweck die Sculptur zu copiren, ihre Construction gestattete jedoch nur Copien in dem einzigen Verhältniss von 1 : 2 und von 2 : 1; auch war die Maschine ganz von Holz errichtet.

Bei der auf unserm Blatte dargestellten Maschine ist das Princip von Dutel gänzlich beibehalten, die Construction aber hat bedeutende Veränderungen erleiden müssen, um solche Verhältnisse zu erhalten, die innerhalb gewisser Grenzen ver-

änderlich sind, und aus diesem Grunde war es denn auch nothwendig, alle Bestandtheile von Schmied- und Gusseisen herzustellen, denn nur bei Anwendung von Metall kann man eine grosse Genauigkeit erlangen, wie man sie von hölzernen Apparaten nicht erwarten kann.

Das Princip der Function einer solchen Maschine kann mit dem eines gewöhnlichen Pantographen verglichen werden, und beruht folglich auf den Eigenschaften ähnlicher Dreiecke. Es ist zu bemerken, dass der wesentliche Unterschied gegen Pantographen, die eine Zeichnung copiren, in einem Werkzeuge besteht, das den Zweck hat, den Stoff, woraus man die Copie formt, zu schneiden, und dass dieses Schneidewerkzeug ebenfalls eine gewisse Bewegung haben muss, damit es seine Wirkung äussern kann. Dann müssen wegen des Reliefs einer Sculptur in Vergleich zu Zeichnungen, die in einer Ebene sich befinden, die Theile des Mechanismus, welche das Original in die Copie aufnehmen, auch in verschiedene Ebenen gebracht werden können, die im Verhältniss zu dem Reductionspunct stehen.

Die Maschine besteht deshalb aus zwei verschiedenen Theilen: dem Körper oder der Basis, welche das Modell und die Copie aufnimmt, und dem Werkzeug, oder anders gesagt einem Pantographen, der mit einer Führung versehen ist, um den Conturen des Modelles zu folgen, und dem Werkzeug im eigentlichen Sinne, das der Führung ähnlich, jedoch einer gewissen Bewegung fähig ist, um den Materialblock, welcher bearbeitet werden soll, zuzurichten.

Der Haupttheil der Maschine ist eine gusseiserne Bank *A*, die eine ähnliche Form hat wie die Banken der gewöhnlichen Drehmaschinen und auf drei senkrechten Supports *BCD* befestigt ist; das Ganze steht auf einer Sohlplatte *E*, die unmittelbar über dem gemauerten Boden liegt. Aus Fig. 4 und 5, wo die Bank *A* im Querschnitt erscheint, ist zu sehen, dass sie aus zwei Langwänden besteht, zwischen denen sich ein vollkommen freier Raum befindet; nur an jedem Ende sind sie durch eine senkrechte Wand und durch einen rechtwinklig zurücktretenden, der Breite der Supports *BD* entsprechenden Theil, dann durch eine Rippe in der Nähe des Supports *C* verbunden. Alles ist übrigens aus einem Stück gegossen.

Die drei Supports *B*, *C* und *D* sind in dem Theile von der Sohlplatte bis zur Bank, die daran auch auf gleiche Weise befestigt ist, ähnlich; *B* und *C* aber erheben sich über die Bank, um andere Theile des Mechanismus aufzunehmen. Der erste Support *B* trägt einen gabelförmigen Theil *F*, welcher den festen Umdrehungs- und Stützpunkt des Pantographen bildet. Auf dem Support *C* ist die Achse eines horizontalen Tisches *G* befestigt, welcher nach Belieben gehoben und gesenkt, auch um sich selbst nach jeder Richtung gedreht werden kann.

In dem freien Theil der Bank zwischen den Supports *C* und *D* ist ein anderer Tisch *H* angebracht worden, der sich ebenfalls um sich selbst dreht, jedoch eine unveränderliche Höhe hat, nach der Länge aber zu verrücken ist, ohne jemals aus der vollkommen horizontalen Stellung zu weichen oder sich um sich selbst zu drehen.

Nehmen wir nun an, dass es sich um die Reduction irgend eines Gegenstandes handle, so stellt man das Original auf den Tisch *H*, wo es eine feste Stellung erhalten wird, und der Materialblock, welcher bearbeitet werden soll, wird in eben so fester Lage auf den kleinen Tisch *G* gestellt. Das Maass der Reduction wird schon bei dieser ersten Anordnung durch die Distanzen der Tische *G* und *H* von der Umdrehungsachse gegeben. Diese drei Organe müssen einen respectiven Platz einnehmen, der von der Art ist, dass die Distanz der beiden senkrechten Achsen von *F* und *G* sich verhält zu der der Achsen von *F* und *H*, wie die Copie zum Original, d. h. wenn man z. B. das Original auf ein Drittel reduciren will, so muss die Entfernung der Achsen von *F* und *G* den dritten Theil der Entfernung der Achsen von *F* und *H* betragen.

Da nun die Entfernung von der Achse des Zapfens *F* zu der des kleinen Tisches *G* bei der Einrichtung der Maschine unveränderlich ist, so muss der Tisch *H* für jede verschiedene Reduction seine Stellung ändern, damit die Distanz von *F* zu *H* in dem verlangten Verhältnisse zu *F* bis *G* gebracht werde.

Wie gross nun andertheils die Reduction sein möge, so müssen die Centra des Drehständers *F* und der beiden Tische durchaus in gerader Linie liegen, so dass ein kreisrunder schiefer Kegel beschrieben wird, wovon der Tisch *H* die Basis, der Drehständer *F* die Spitze und der kleine Tisch *G* ein mit der Grundfläche paralleler Schnitt ist, vorausgesetzt, dass die Durchmesser der Tische in dem correspondirenden Verhältniss stehen. Um dieser Bedingung zu genügen, muss man, da die Centra des Drehständers und des Tisches *H* immer in einer respectiven unveränderlichen Höhe sich befinden, die Stellung des Tisches *G* verändern, indem man es nach der vorhandenen Nothwendigkeit hebt oder senkt.

Damit nun diese doppelte Bedingung, die senkrechten Achsen in ein gegebenes Verhältniss der Entfernung und die Centra in gerade Linie zu bringen, erfüllt werde, dient die Einrichtung des Apparats, dass:

1. das Centrum des Drehständers *F* unveränderlich fest steht;
2. dass die senkrechte Achse des Tisches *G* ebenfalls fest steht, jedoch gehoben und gesenkt werden kann;
3. die Achse des grossen Tisches dagegen ist beweglich, seine Höhe aber ist unveränderlich.

Soll nun die Symmetrie in der Lage der beiden Tische vollständig werden, so darf man ihnen nur ein und dieselbe kreisrunde Bewegung mittheilen, um die Gegenstände in alle beliebigen Stellungen zu bringen; eine Bewegung, die sie in der That haben und durch welche sie nach Belieben und gleichzeitig vollkommen gleiche Winkel beschreiben können. Diese kreisrunde Bewegung der Tische geschieht mit der Hand und in der Art, dass man die Gegenstände nach allen Seiten bequem vor das Werkzeug führen kann.

Einrichtung des Pantographen. — Dieses Instrument wird von dem Arbeiter mit der Hand geführt und trägt den Stift, mit welchem man den Conturen und Einzelheiten des Originals folgt, so wie das Werkzeug, das die Bewegungen dazu macht, indem es das Bildniss formt. Es besteht zuvörderst aus einer runden Stange *I* und geht in eine von der Gabel *F* getragenen Muffe; mit dieser Stange sind die Rahmen

J und *K* verbunden, die mit ihr und einer Schraubenstange *L* ein gegliedertes Parallelogramm bilden. Einer dieser Rahmen *K* (Fig. 1, 2 und 14) trägt an einem Ende eine cylindrische, am Schlusse abgerundete Stange *a*, welche eben der Stift ist, mit dem man den Conturen des Originals folgt. Der andere Rahmen *J* (Fig. 8 bis 13) hat ebenfalls einen Stab *b*, der wie eine Fräse geschnitten ist und eine lebhafte Umdrehung um sich selbst hat wie ein gewöhnlicher Bohrer; diess ist das Werkzeug, welches die Bewegungen des Stiftes *a* wiederholen und das Schneiden bewirken muss.

Nach dieser Beschreibung ist es leicht begreiflich, dass der Pantograph zwei Bedingungen auf dem Gerüst zu erfüllen hat, mit dem er für jede gegebene Reduction in vollkommenem Verhältniss steht. Die Stellungen der Bestandtheile *J* und *K* an der Stange *I* müssen im Verhältniss zum Drehständer *F* als Distanz genau denen der Tische *G* und *H* correspondiren, und die Spitzen des Stiftes *a* und der Fräse *b* müssen mit dem Centrum des Drehständers *F*, welches nothwendiger Weise das Centrum der Bewegung des ganzen Pantographen ist, in gerader Linie liegen.

Der Gebrauch des Pantographen lässt sich nun leicht erklären. Die den Stift *a* führende Stange *K* ist mit einem hölzernen Griff *c* versehen, den der Arbeiter in seine rechte Hand nimmt, indem er mit der linken Hand auf die Stange drückt. Es ist damit gar keine Beschwerde verbunden, denn der Pantograph wird durch ein doppeltes Gegengewicht *M* an der Stange *I* in Gleichgewicht gehalten.

Man führt also den Stift *a* nach allen Punkten des Originals, und bei jeder auf dasselbe drückenden Bewegung dreht sich der Schenkel *K* um seinen Mittelpunkt an der Stange *I*, welche Bewegung von dem Rahmen *J* genau wiederholt wird, der mit dem erstern durch die Parallelstange *L* verbunden ist.

Die Fräse *b* beschreibt also die Winkel, welche denen von dem Stift *a* erzeugten gleich sind, und da sie gleichzeitig durch einen unabhängigen auf die Schnüre *d* wirkenden Motor um sich selbst bewegt wird, so nimmt sie während des Arbeitens nach und nach Stellungen ein, welche denen des Stiftes *a* ähnlich sind. Wenn wir noch bemerken, dass die Stange *I* sich beliebig in der Muffe bewegen kann, durch die sie mit der Drehstange *K* verbunden ist, so lässt sich daraus schliessen, dass der Pantograph alle möglichen Stellungen im Raume einnehmen kann und wie ein Kugelgelenk zu betrachten ist.

Dieses Verfahren, welches darin besteht, Zeichnungen oder andere Gegenstände durch Instrumente darzustellen, die auf dem Princip ähnlicher Dreiecke beruhen, z. B. der Reductionszirkel, die gewöhnlichen Pantographen u. s. w., ist bekannt genug und zu leicht verständlich, als dass wir uns noch weiter über die Vortheile unserer Maschine ausbreiten sollten. Es ist leicht einzusehen, wie das Original in einem gewissen Maassstab und stets mit der grössten Genauigkeit dargestellt wird.

Indessen ist es doch nothwendig den Zusammenhang der einzelnen Bestandtheile zu erklären, durch welche das Instrument so eingerichtet ist, dass es Copien von verschiedenen Maassstäben liefern kann. In Beziehung auf das Hauptgestell haben wir die Functionen desselben bereits kennen gelernt;

betrachten wir nun die Veränderungen, die man in der Einrichtung des Pantographen vorzunehmen vermag.

Wenn man die Maschine für eine gegebene Reduction geeignet machen will, so muss man zuvörderst das Gestell so anordnen wie es eben erklärt wurde, und dann muss man den Pantographen damit in Verbindung bringen, welcher noch zwei Erfordernissen unterworfen ist, und zwar müssen 1. die Distanzen der Rahmen *J* und *K* im Verhältniss zur Umdrehungsachse *F* zu der Distanz der Tische *G* und *H* in Beziehung auf denselben Punct regulirt werden, und 2. muss der Stift *a* und die Fräse *b* mit dem Centrum *F* in gerade Linie gebracht und folglich ihr Abstand von der Stange *I* verändert werden.

Der Rahmen *K* ist im Verhältniss zu den Stangen *I* und *L* befestigt, während *J* sich auf den Stangen verrücken lässt. Da aber die Stange *I* in der Muffe an der Gabel *F* nicht fest ist, so geht daraus hervor, dass es, um die Distanz *FK* der *FH* gleich zu machen, genügt, die Stange *I* in der Muffe so lange zu verschieben, bis man diese Distanz erhalten hat; verrückt man dann den Rahmen *J*, so kann man sie immer in die gewünschte Stellung bringen. Es muss bemerkt werden, dass in allen Fällen der von dem Rahmen *J* eingenommene Platz ein solcher ist, dass die Distanz von dem Ständer *F* stets dieselbe bleibt und gleich ist der Entfernung der Supports *B* und *C*, welche unveränderlich feststehen.

Bei jeder der von dem Rahmen *J* eingenommenen Stellungen ist es offenbar nothwendig, dass das Parallelogramm, das er mit *K* und den Stangen *I* und *L* bildet, stets vollkommen sei und dass folglich die Längen dieser Stangen zwischen den Rahmen ganz gleich sind.

Es bleibt uns nun zur vollständigen Aufstellung nichts weiter übrig, als die Längen der Rahmen *J* und *K* in der Absicht zu reguliren, die Fräse und den Stift in gerade Linie zu bringen. Zu diesem Zweck ist jeder Rahmen aus zwei parallelen Stangen gebildet, welche sich in einem unabhängigen Theil *e* bewegen, der die Spitzen trägt, womit die Gelenkigkeit des Parallelogramms bewirkt wird und welche in die Muffen der Stangen *I* und *L* eingreifen. Man kann also diese Stangen mehr oder minder verlängern ohne in etwas die Stellung der Rahmen als Distanz vom Centrum *F* zu verändern, und die Fräse so wie den Stift zu den bezeichneten Puncten hinführen. Diese Operation findet statt, ohne den Parallelismus der Stangen *I* und *L* zu verändern, weil ihre Entfernung in Folge der beiden Theile *e*, auf denen sich die Stangen der Rahmen verschieben lassen, unveränderlich bestimmt ist.

Um alles Vorhergehende über die Art der Regulirung des Pantographen in kurzen Worten zusammenzufassen, machen wir auf die folgenden Eigenthümlichkeiten aufmerksam:

1. Da die Hauptstange *I* sich in seinem Drehständer bewegt, so kann man den Rahmen *K*, der den Stift *a* trägt, in jede beliebige Entfernung von dem festen Centrum *F* bringen, und dieser Rahmen nimmt unveränderlich das Ende der Stangen *I* und *L* ein.

2. Da der Rahmen *J* dagegen mit der Fräse auf denselben Stangen beweglich ist, so kann man seine Entfernung von dem Umdrehungspunct *F* leicht so bestimmen, dass sie stets gleich sei der Entfernung der Supports *B* und *C*.

3. Bei jeder der bezeichneten Stellungen lassen sich die Rahmen *J* und *K* so weit verlängern, dass die beiden Rahmen *J* und *K* mit dem Bewegungscentrum *F* des Pantographen in gerader Linie liegen.

4. Sind diese verschiedenen Bedingungen erfüllt, so verschiebt man das Gegengewicht *M* auf der Stange *I* bis so weit, dass sich der ganze Apparat im vollkommenen Gleichgewicht befindet.

Gehen wir nun zur Beschreibung der Bestandtheile der Maschine über.

Gestell der Maschine.

Erster Support *B* und Drehständer *F*. — Der erste Support *B* hat, wie wir bereits wahrgenommen, den Zweck, das eine Ende der Bank *A* zu unterstützen, welche genau in denselben passt und auf einem mit dem Support zusammengegossenen Querstück liegt; seitswärts ist sie mit Bolzen befestigt, die durch die senkrechten Seiten und durch die beiden aufsteigenden Theile des Supports gehen. Ueber der Bank hat der Support die Form zweier übereinander stehenden Bogen und trägt zwei Warzen, wovon die untere eine Pflanne für die Achse *F* hat, die zweite ein Halslager bildet, das mit bronzenen Pfannen versehen ist.

Der gabelförmige Drehzapfen muss in einer unveränderlichen Höhe bleiben wie bereits erwähnt wurde; da aber diese Höhe mit vieler Genauigkeit muss regulirt und erhalten werden können, so reicht er ganz durch die bronzene Büchse, die ihn im Mittelpunkt erhält, und sein unteres Ende ruht auf einer Schraube *f*, die ihm als Stützpunkt dient und durch welche er beliebig gehoben oder gesenkt werden kann; diese Schraube ist mit einem Kopfe *f'* versehen, um sie leicht mit der Hand drehen zu können; eine Schraubenmutter *f²* sichert jede Stellung auf eine unbewegliche Art.

Das obere Halslager besteht aus einer Pflanne aus zwei Theilen, wovon jeder seine Centrirungsschraube hat.

Die Schenkel des Zapfens (Fig. 17—19) sind wie der Kopf einer Bläuelstange mit Lagern und eisernen Bügeln versehen, um die Zapfen einer Muffe *g* aufzunehmen, die für den Durchgang der Hauptstange *I* des Pantographen gut ausgedreht ist, die sich darin mit sanfter Reibung um sich selbst bewegt. Da es aber nothwendig ist, dass sie sich in der Muffe verschieben lässt, um ihre ganze Länge von dem Centrum des Zapfens an zu reguliren, und da sie nichts destoweniger für jede Stellung fest sein muss wie eine Welle gegen ihre Zapfen, so sind die Lager, welche hier bei der veränderlichen Lage der Stange nicht bestehen könnten, durch zwei Ringe *g'* ersetzt, die man unbeweglich in Berührung mit den Enden der Muffe *g* mittelst der Druckschrauben *g²* befestigt, die gegen die Stange *I* drücken und folglich das Verschieben der Ringe verhindern, wenn die Stange *I* in der Muffe *g* ihren bestimmten Platz hat.

Will man sich von der Beweglichkeit des Pantographen nach jeder Richtung hin überzeugen, so braucht man nur den Bewegungen zu folgen, welche der Stange *I* in Folge der Einrichtung ihres Supports ertheilt werden kann, der ganz und gar die Stelle einer kugelförmigen Kniescheibe versieht. Wir finden in der That:

1. Die horizontale Umdrehungsbewegung der Stange F in ihren Lagern des Ständers B ;

2. die Oscillation der Muffe g um ihre Zapfen, die in die Lager der Gabel F eingreifen;

3. die Rotationsbewegung der Stange I in der Muffe g .

Alle diese Bewegungen werden durch die Hand hervorgerufen, welche dem Pantographen beim Verfolgen der Conturen des Originals folgt.

Zweiter Support C und Tisch G . — Die Befestigung der Bank hat hier auf dieselbe Art wie oben zwischen den senkrechten Ständern des Supports C statt, welcher letztere (Fig. 5) nur einen einfachen Bogen bildet und ebenfalls mit zwei Warzen für die Achse h des Tisches G versehen ist. Die eine dieser Warzen nimmt den obern Theil des Supports ein und die andere ist in dem Querstück gelegen, auf welchem die Bank A liegt.

Die hier zu erzeugenden Wirkungen bestehen in der kreisrunden Bewegung des Tisches G und der Bestimmung seiner Höhe je nach dem Maass der Reduction.

Die kreisrunde Bewegung wird ihm durch das Getriebe h^1 mitgetheilt, dessen Achse mit einer tangirenden Schraube i versehen ist, welche an einer horizontalen Achse i^2 sitzt, die die ganze Länge der Bank einnimmt (Fig. 2) und durch das Schwungrad i^3 (Fig. 2 und 3) mit der Hand bewegt wird; an dieser Achse ist eine ähnliche Schraube i (Fig. 4, 6 und 7) befestigt, welche bei gleicher Einrichtung den Tisch H bewegt, dessen Achse h^3 ein Getriebe h^2 trägt.

Man theilt also, wie oben gesagt wurde, den Tischen G und H immer eine gleichzeitige Bewegung mit gleichen Winkeln mit. Da aber diese kreisrunde Bewegung des Tisches G mit dem Senken und Heben desselben in Verbindung stehen muss, so ist sein Getriebe h^1 nicht bleibend befestigt, weil es in der Höhe der auf dasselbe wirkenden Schraube, die wie ihre Achse i^2 fest ist, bleiben muss. Es ist daher zu diesem Zweck vermittelt eines langen Splintes in der Art befestigt, dass die Achse h gedreht wird, welche Höhe sie auch einnehme. Damit das Getriebe h^1 in einer beständigen Höhe erhalten werde, hat es eine kreisförmige Rinne (Fig. 1, 20 u. 21) worin die Enden der beiden gebogenen Knaggen j eingreifen, die eine Hemmung bilden und an jeder Seite des Halslagers an dem Support unter der Bank A befestigt sind.

Die Höhe des Tisches G ist leicht und mit Genauigkeit zu reguliren, vorausgesetzt dass seine Achse von dem Kopf einer senkrechten Schraube k getragen wird, deren Mutter k^3 unter der Sohlplatte ihren Platz hat. Man braucht folglich diese Schraube nur nach der einen oder andern Richtung zu drehen, um die Stellung des Tisches beliebig zu verändern. Diese Schraube ist mit einem Stirnrade k versehen, das in ein Getriebe k^2 eingreift, welches eine besondere Achse l hat, die ihre Stützpunkte an der Bank A und auf der Platte E findet an ihrem obern Ende ist ein Schwungrad mit einer Kurbel l^1 , das man in Bewegung setzt, wenn man die Stellung des Tisches G verändern will.

Nach den veränderlichen Höhen der Schraube k und folglich des damit fest verbundenen Rades k^1 ist es augenscheinlich, dass das Getriebe k^2 sich längs seiner Achse l auf dieselbe Art verschieben lässt als das Getriebe h^1 auf der Achse

h des Tisches G . Es wird in dieser Richtung durch das Rad k^1 selbst mit fortgetrieben, vorausgesetzt, dass es Backen hat, zwischen denen die Verzahnung dieses Rades eingreift.

Da es von besonderer Wichtigkeit ist, dass der Tisch G in jeder der ihm mitgetheilten Stellungen sehr fest bleibt, so hat man Vorrichtungen getroffen, zu verhindern, dass die verschiedenen Bestandtheile des Mechanismus, die dazu dienen, ihn in Bewegung zu setzen, nicht durch irgend einen Einfluss in Unordnung gerathen können. Die Muffe l^2 , welche die Achse hält, ist zu diesem Zweck mit einer Druckschraube m versehen, die man anzieht, wenn die Stellung des Tisches bestimmt ist, und welche, indem sie stark an die Welle l drückt, diese so festhält, dass sie sich nicht drehen kann; die Achse h des Tisches wird daher ebenfalls festgehalten. Zu gleichem Zwecke kann man die Druckschrauben der Halslager an der Achse h anziehen, was sogar nothwendig wird, wenn man annimmt, dass sie etwas Spielraum erhalten hat.

Der Tisch H ist mit dem vorigen durch einen Mechanismus verbunden, durch welchen ihnen eine kreisrunde Bewegung mitgetheilt wird, welche gleichzeitig ist, wenn es nöthig wird die Stellung der Sculpturgegenstände in Beziehung auf die Arbeit des Pantographen zu verändern.

Der grosse Tisch H besitzt insbesondere eine fortschreitende Bewegung, welche, wie oben erwähnt wurde, es gestattet den Tisch in beliebige Entfernung zur Achse F zu bringen, je nachdem es der Grad der Reduction erfordert. Seine Höhe ist im Gegentheil von dem vorigen Tisch G in allen Fällen unveränderlich. Die Beweglichkeit des Tisches H erhält man durch die Einrichtung seines obern Zapfens, der in einen beweglichen Support N eingelassen ist, dessen Lage in der Bank A ihm eine Verrückung gestattet, ohne dass der Parallelismus im Geringsten gestört werde.

Aus Fig. 4, ein Querschnitt nach der Achse des Tisches H , ersieht man die Form des beweglichen Supports N ; Fig. 6 stellt im grössern Maassstabe eine äussere Ansicht desselben dar, wenn man sich die vordere Wand der Bank hinweg denkt; Fig. 7 ist ein horizontaler Schnitt des Supports und der Bank.

Aus diesen Figuren ist ersichtlich, dass der Support N zwei genau gearbeitete Seitenfalze hat, die mit den innern Winkeln der Bank zusammenpassen, welche ebenfalls auf dem ganzen Theil, den der Tisch zwischen den Gestellen C und D zu durchlaufen hat, genau zugerichtet sind. Das Innere des cylindrischen Theiles N ist mit bronzenen Futter n für die Bewegung der Achse h^3 und mit zwei Druckschrauben n' versehen. Dieses Futter besteht aus einem gespaltenen Ringe mit einem Rande am obern Theil, um es in dem Ständer N festzuhalten; zwei flache Piecen, welche zwei eisernen Schlüsseln n^2 entsprechen, verhindern das Umdrehen desselben.

Diese Darstellung wird hinreichend sein, um es begreiflich zu machen, dass die kreisförmige Bewegung des Tisches H in allen möglichen Stellungen vollkommen gesichert ist.

Die Achse h^3 hat keinen Vorsprung ausserhalb der Futter n , endet aber mit einem Zapfen in der auf der Grundplatte E ruhenden Pfanne O , welche in einem Falz o läuft, um der Achse h^3 in ihrer Bewegung zu folgen. Wenn man bedenkt, dass der Tisch H oft mit einer beträchtlichen Last beschwert und dass er selbst schwer ist, so ist es augenscheinlich, dass

eine tüchtige und gehörig unterstützte Pfanne ein wesentliches Erforderniss ist.

Wir werden sogleich wahrnehmen, dass der Tisch *H* seine fortschreitende Bewegung durch die Einwirkung auf seinen beweglichen Support *N* erhält und dass die Pfanne *O* damit fortgezogen wird, ohne eines andern Anstosses zu bedürfen. Sowohl Support als Pfanne müssen aber hierbei frei sich bewegen, und wenn die Stellung des Tisches fixirt wird, so stellt man beide Theile durch ihre Bolzen n^3 und o' fest, welche aber so eingerichtet sind wie bei den Supports der gewöhnlichen Drehbänke, nämlich mit einer Traverse oder einem untern Keil, der sich gegen die Ränder der Bank *A* oder des Einschnittes *o* legt.

Das ganze System zur Führung des Tisches *H* an den ihm bestimmten Platz besteht in Folgendem. An dem Support *N* ist (Fig. 4 und 7) eine mit einem Gewinde versehene starke Muffe *P'* befestigt, durch welche eine mit vierseitigen Gängen versehene Schraubenstange geht, die eine solche Länge wie die Distanz hat, welche der Tisch zurücklegen kann. Diese Stange ist ausserhalb der Bank *A* angebracht, wo sie von Ringen gehalten wird, in denen allen sie sich bewegen kann; gegenüber hat die Bank eine längliche Oeffnung für den Durchgang der Schraubenmuffe *P'*. Man braucht also nur die Schraube *P* zu drehen, um die Schraubenmuffe *P'* und folglich den Support *N* zu verschieben, an welchem der Mechanismus des Tisches *H* befestigt ist. Die Schraubenstange bewegt man durch ein Paar conische Getriebe, wovon das eine an der Schraube selbst, das andere aber an einer Achse P^2 befestigt ist, die eine Kurbel P^3 hat, die man abnehmen kann, wenn man sie nicht gebrauchen will.

Zuletzt ist noch zu bemerken, dass die Schraube ohne Ende i' , welche den Zweck hat den Tisch *H* um sich selbst in jeder beliebigen Stellung zu drehen, sich nothwendigerweise mit demselben verschiebt und dass sie stets in das Rad h^2 eingreift, dass sich an der Tischachse h^3 befindet. Zu diesem Behuf ist die Schraube i' an der horizontalen Achse i^2 vermittelst eines Splints befestigt, der in einem Falz steckt, welcher nach der ganzen Länge dieser Achse angebracht ist, und da sie zwischen zwei Nasen des Supports *N* gehalten wird, so ist sie gezwungen ihm zu folgen, ohne jedoch von ihm in Bewegung gesetzt zu werden. —

Der Pantograph.

Wir haben gesehen, dass die Schenkel *J* und *K*, welche beziehungsweise mit dem Arbeitsreifen *b* und dem Führer *a* endigen, mit den Stangen *I* und *L* ein gegliedertes Parallelogramm bilden und dass sie sich beliebig verlängern lassen müssen, um die Enden *a* und *b* mit dem Centrum der Umdrehung bei *F* bei jeder Entfernung dieses Centrums von dem Schenkel *K* des Führers in gerader Linie zu erhalten.

Die Construction der beiden Schenkel *J* und *K* ist demnach beinahe identisch, wie ihre resp. Verrichtungen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass sich der Schenkel *J* auf den Stangen *I* und *L* verrücken lässt, während der andere Schenkel *K* an ihren Enden festsetzt. Da aber der Längenunterschied der beiden Schenkel ihre Einrichtungen nicht verändert, so kann er nicht als wesentlich für die Construction

betrachtet werden. Damit aber die beiden Schenkel *J* und *K* die doppelte Bedingung erfüllen gelenkig zu sein und die Länge zu verändern, ist jede aus zwei verschiedenen Theilen gebildet, wovon der eine, das Band *e*, die Entfernung der Stangen *I* und *L* fixirt und Gelenke hat, während der andere so zu sagen einen Rahmen bildende Theil sich im Verhältniss zu ihm verschiebt.

Wir können den ganzen Mechanismus in drei verschiedene Theile zerlegen, und zwar betrachten wir:

1. Die Verbindung der Bänder *e* und e' mit den Stangen *I* und *L*;
2. die Verbindung der Bänder mit den Rahmen und Construction dieser letztern;
3. die Einrichtung des Meissels und des Führers.

Verbindung der Bänder mit den Stangen. — Die beiden Bänder *e* und e' sind gleich und so gestaltet wie sie in Fig. 8 bis 10 dargestellt sind. Diese Piece *e* ist ein dünner gusseiserner Stab mit einer Rippe, dessen Enden eine halbkreisförmige Gabel bilden, um die Muffen *s* und s' aufzunehmen, die darin fest angepasst sind, so dass sie sich nach dem Durchmesser der Gabel als Achse um sich selbst drehen können. Die Schenkel der Gabel sind zu diesem Zweck mit einem runden Vorsprung versehen, in welchen ein Stift *t* eingeschraubt wird, dessen leicht conisch abgedrehtes Ende in die Muffe eingreift und ihr einen Zapfen abgibt, wie aus Fig. 10 zu ersehen, die ein Querschnitt nach der Achse der Muffe *s* ist.

Durch diese Muffe geht die Hauptstange *I*, an welche sie durch die Druckschraube t' festgehalten wird. Da der ganze Schenkel *J* den schwingenden Bewegungen, welche der Stange *I* mitgetheilt werden, sehr genau folgen muss, so ist es wichtig, dass sich diese Stange in der Muffe nicht dreht und dass sie damit vollkommen fest verbunden ist, zu welchem Zweck sich in der Muffe ein fester Keil befindet, der in einen an der Stange angebrachten Falz greift, welcher eine Länge hat, die mit der Verschiebung des ganzen Systems des Armes *J* für die verschiedenen Reductionsgrade correspondirt. Es ist übrigens zu bemerken, dass die Stange *I* den Keil wegen ihrer Umdrehungsbewegung in der Büchse *g* des Drehständers *F* (Fig. 1 und 2), nach welcher sie sich auch verschiebt, wenn man die Entfernung des Schenkels *K* von der Umdrehungsachse *F* verändert, nicht haben könnte.

Die zweite Muffe s' passt für die Stange *L*, ohne ihr eine Schraube abzugeben. Die Function dieser Stange als Schraube ist die genaue Regulirung des Parallelismus der beiden Bänder *e* und e' , die man durch sie bewirken kann, wenn man die Stelle der ersten Muffe an der Stange *I* bestimmt hat. Die Muffe s' liegt zwischen zwei Schrauben *u* (Fig. 1 und 2), durch welche man ihre Stellung leicht regulirt; durch die Druckschraube t' , welche auf die Gänge der Schraube *L* nur durch einen kleinen stählernen, in das Innere der Muffe eingelassenen Keil wirken kann, kann man sie dann stärker daran befestigen.

Die Verbindung der Stangen *I* und *L* mit den Muffen s^2 und s^3 des Bandes e' an der Leitstange *K* (Fig. 1, 2, 14 und 15) findet wegen ihrer festen Stellung auf eine andere Weise statt.

Die beiden Stangen *I* und *L* gehen einfach in einen cylindrischen Zapfen aus, der in die betreffende Muffe passt, und da sie ebenfalls Schraubenwindungen haben, so kann man sie mittelst einer Mutter *t'* feststellen.

Die Beweglichkeit des ganzen Systems des Rahmens *J* an der Hauptstange *I* erfordert eine besondere Einrichtung, um dahin zu gelangen seine Stellung genauer zu bestimmen als es mit der blossen Hand möglich wäre, und dazu dient die Stellschraube *v* (Fig. 2), welche ihren Stützpunkt an der Stange *P* hat und in die Muffe *J* eingreift, die zu diesem Zweck die aus Fig. 8 ersichtliche cylindrische Ausbauchung erhielt. Der Ring *v*, welcher diese Schraube nächst der Stange *I* hält, kann ebenfalls nach Belieben verschoben werden und wird mittelst eines Schlusskeils befestigt, wenn es sich darum handelt, den Pantographen für eine gegebene Reduction zu stellen. Man führt den Rahmen so genau als möglich auf die Stelle, die er einnehmen soll, und bei dieser Bewegung rückt die Schraube *v*, deren Anschluss an die Stange *L* gelockert wird, vor, indem sie der Muffe *s* folgt, worin sie eingreift. Hat man diese annäherungsweise Stellung erreicht, so stellt man die Schraube *v* fest, bevor man die Schrauben *t'* der Muffe *s* und *s'* anzieht; dreht man dann diese Schraube *v* nach einer oder der andern Richtung, so kann man die Stellung der Muffe *s* mit der grössten Genauigkeit reguliren. Ist das geschehen, so wird der Parallelismus der beiden Bänder *e* und *e'* nach dem von *e'* rectificirt, wozu man die Schraubenmutter *u* gebraucht, welche die Muffe *s'* an der Schraubengange *L* befestigen. Dann kann man die Druckschrauben *t'* anziehen und die definitive Stellung des Rahmens *J* ist hergestellt und während der ganzen Operation gesichert.

Verbindung der Bänder mit den Rahmen. — Der Rahmen *J* besteht aus einer gusseisernen Platine *p* (Fig. 8 und 9), verbunden mit zwei ganz parallelen und am entgegengesetzten Ende durch den Riegel *r* vereinigten Stäben *qq*, welche an beiden Enden mit einem cylindrischen Zapfen endigen, der in einen mit der Platine und dem Riegel angegossenen Vorsprung passt; nur an der Platine haben sie Absätze, während der Zapfen am Riegel der Stange selbst angeschnitten ist, da die Stangen durch die Vorsprünge des Bandes *e* gesteckt werden müssen, wie wir weiterhin sehen werden; an beiden Enden aber sind die Stangen mit Schraubengewinden versehen, um die Mutter aufzunehmen, wodurch sie mit der Platine und dem Riegel verbunden werden.

Diese ganze Construction wiederholt sich beim Rahmen *K*, der sich von dem vorigen nur durch seine Länge und durch die Platine *p'* wegen der besondern Anordnung des Führers *a* unterscheidet.

Die Rahmen *J* und *K* sind mit dem correspondirenden Bande *e* durch angegossene cylindrische Vorsprünge verbunden, in denen sie hin und hergehen, wenn die Schrauben *q'* gelöst sind. Durch diese Verbindungsweise also verändert man die Länge der Schenkel *J* und *K* des Pantographen; indem man den ganzen Rahmen verschiebt, der durch die Stangen *q* und die Platine in Verbindung mit dem Bande *e* gebildet wird, bleibt das Verfahren für beide Rahmen *J* und *K* dasselbe. Der Rahmen *J* aber ist ausserdem mit einer Schraube *e''* ver-

sehen, deren Function identisch ist mit der oben erwähnten Schraube *v*.

Es ist leicht begreiflich, dass der eine der beiden Schenkel eine so zu sagen willkürliche Länge haben kann; ist sie aber einmal festgestellt, so wird die Länge des andern Schenkels mit grosser Genauigkeit regulirt.

Nachdem man die Länge des Schenkels *K* bestimmt hat, um der Entwicklung zu correspondiren, welcher *J* fähig ist, bringt man diesen letztern mittelst der Schraube *e''* auf seine genaue Länge. Diese Schraube wird zwischen zwei mit dem Bande *e* aus einem Stück gegossenen Absätzen *xx* erhalten; sie greift in eine Piece *x'* (Fig. 8, 9 und 12) ein, die vom Bande *e* abgesondert ist und bloss von dem Rahmen *J* abhängt, an den sie durch die Stangen *q* befestigt ist, welche durch die festen Hülzen gehen, die sich an den Enden der beiden Schenkel dieser Piece *x'* befinden. Löst man daher die Keile, welche die festen Hülzen an die Stangen *q* halten, so wie die Druckschrauben *q'*, so kann der Rahmen nach Verhältniss des Bandes verschoben und in seine Stellung gebracht werden, befestigt man dann die Piecen *x'* an die Stangen *q* mittelst dieser Keile, so wirkt man auf die Schraube *e''*, welche, da sie mit dem Bande *e* aus einem Stück besteht, sich mit diesem im Verhältniss zur Schraubenmutter *x'* und folglich auch im Verhältniss zu den Rahmen *J* um so viel verschiebt, als nothwendig für die gewünschte Länge, d. h. für die Distanz vom Centrum der Stange *I* bis zum Ende des Meissels *b* ist, welche mit der des Schenkel *K* in Verhältniss gebracht ist.

Anordnung des Meissels und des Führers. — Der Meissel *b* ist ein abgedrehtes Stahlstäbchen, dessen Ende, womit er arbeitet, abgerundet, jedoch so wie eine Fräse geschnitten ist. An seiner Mitte hat er einen Absatz, der sich gegen die kleine Welle *b'* legt, in welche er hineinpasst und durch die Druckschraube *b''* (Fig. 13) befestigt wird. Durch diese Achse *b'*, welche in die Ringe *y* passt, die an der Platine *p* angesetzt sind, wird dem Meissel seine Umdrehungsbewegung mitgetheilt. An dieser Achse ist ein conisches Rad *y*, das in ein anderes ähnliches an dem Achsenende *z* eingreift. Diese letztere Achse *z* wird in Bewegung gesetzt durch den Strick *d*, der sich um die Rolle *z'* legt und gewöhnlich von dem Transmissionsapparat ausgeht, der über der Maschine steht; er geht zweitheilig zuerst über zwei Rollen *d'*, die sich in einer Gabel der Muffe *g* (Fig. 17 bis 19) bewegen; von den Rollen *d'* gehen die beiden Stricke über zwei andere Rollen *d''*, die genau an dem Kopfe des obern Bolzens der Muffe *s* (Fig. 8) sitzen und horizontal liegen, um den beiden Stricken die passende Richtung zu geben, um an die Rolle *z'* zu gelangen.

Diese verschiedenen Rollen sind also so zusammengesetzt, dass der Strick in den verschiedenen Stellungen des Pantographen seine Länge nicht verändern kann.

Da der Meissel und der Führer hinsichtlich ihrer Zusammensetzung einander sehr ähnlich sind, so lässt sich über den letzteren nur noch Folgendes bemerken.

Der Führer *a* (Fig. 14 und 15) besteht aus einem cylindrischen Stabe, der von Holz sein kann und wie der vorige in einer Hülse *a'* steckt, welche von dem Futter *y''* der Platine *p'* gehalten wird. Soll nun ein Gegenstand vergrössert statt ver-

kleinert werden, so kann die Achse a' mittelst der Räder y^3 bewegt werden; ein als Fräse geschnittenes Werkzeug wird dem Führer substituirt, der alsdann auf der Achse b' des Schenkels J angebracht wird. An der Platine p' befindet sich der Griff c , durch den man mit der Hand den Führer a zu allen Punkten des Modelles führt.

Da das Verhältniss zwischen dem Modell und der Copie in allen Bestandtheilen der Maschine erhalten werden muss, so müssen sich auch die Durchmesser des Meissels und des Führers so viel als möglich in diesem Verhältniss befinden.

Die mit dieser Maschine auszuführenden Reductionen bewegen sich innerhalb der Grenzen von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$. Die Situation der Fig. 1 und 2 entspricht der Reduction auf ein Dritttheil. Die Achsenlinien 1, 2, 3, 4 correspondiren mit den äussersten Stellungen des grossen Tisches für die Reductionen auf die Hälfte und ein Viertel. Von jeder der angegebenen Stellungen geben die Linien, die von dem Mittelpunkt der Bewegung des Pantographen ausgehen, die nacheinander folgenden Höhen an, welche der kleine Tisch einnehmen muss, damit sich sein Centrum im Verhältniss zu dem grösseren befindet.

Ueber das neue bei den Eisenbahnen einzuführende Längenmaass *).

Da es zu Folge der bisher stattgefundenen Verhandlungen höchst wahrscheinlich ist, dass das Jahr 1860 dem längst und dringendst gefühlten Bedürfnisse eines gemeinschaftlichen 10theiligen deutschen Maasses und Gewichtes, das mit dem Metermaass in einfacher Beziehung steht, abhelfen werde, so ist es an der Zeit sich mit den in den Maschinenberechnungen am häufigsten vorkommenden Zahlen in diesem Maass und mit seinen Beziehungen zum Wiener Maass bekannt zu machen.

Das projectirte Maass ist das in Baden und der Schweiz bereits gesetzlich eingeführte Längenmaass:

- 1 Ruthe = 3 Meter, oder
- 1 „ = 10 Fuss à 30 Centimeter,
- 1 Fuss = 10 Zoll à 3 Centimeter,
- 1 Zoll = 10 Linien à 3 Millimeter,
- 1 Linie = 10 Punkte à 0,3 Millimeter.

Das gleichzeitig bei allen Eisenbahnen einzuführende Gewicht ist

$$1 \text{ Zollpfund} = \frac{1}{2} \text{ Kilogramm.}$$

Nach diesen Bestimmungen ergeben sich folgende in den Rechnungen häufig vorkommende Zahlen:

- a) Eine Pferdekraft = $75^{\text{km}} = 75 \text{ Kilogramm } 1 \text{ Meter}$
hoch zu heben = $150 \text{ Pfd.} \times \frac{1}{0,3} \text{ Fuss} = \frac{1500}{3} =$
 500 Fusspfund statt $424 \text{ Wiener Fusspfunde}$. Hieraus
folgt auch das Verhältniss zwischen Kilogramm-Meter
und Fusspfund: $15^{\text{km}} = 100 \text{ Fusspfund.}$
- b) Der atmosphärische Druck = $10334 \text{ Kil. pr. } \square^{\text{m}}$ oder
 $= 20668 \text{ Pfd. pr. } \frac{1}{0,09} \square' = 1860,12 \text{ Pfd. pr. } \square',$ wo-
für man rund setzen wird: Druck einer Atmosphäre

beim Normalbarometerstand = $1860 \text{ Pfd. pr. } \square'$, zu-
fälligerweise die Jahreszahl der Einführung.

Der Druck pr. $\square'' = 18,6 \text{ Pfd.}$ Bisher waren diese
Zahlen $1844 \text{ Pfd. pr. } \square'$ rund, $12,805 \text{ Pfund pr. } \square''$
Wiener Maass und Gewicht.

- c) Das Gewicht von 1 Cubicfuss Wasser bei 0° Tempe-
ratur = dem Gewicht von 27 Liter also = 27 Kilo-
 $\text{gramm} = 54 \text{ Pfd.}$ statt $56,4 \text{ Wiener Pfund.}$
- d) Das Gewicht von 1 Cubicfuss atmosphärischer Luft bei
 0° Temperatur = dem Gewichte von 27 Liter oder
 $0,027 \text{ Cub. Meter}$. Es wiegt aber nach Regnault 1 Cub.
Meter Luft bei 0° : $1,293187 \text{ Kil.}$, also $0,027 \text{ Cubic}$
 $\text{Meter} = 0,034916 \text{ Kil.} = 0,069832 \text{ Pfd.}$, wofür man
mit einem Fehler von nur $\frac{1}{4}$ Procent setzen darf:

Gewicht von 1 Cubicfuss Luft = $0,07 \text{ Pfd.}$

Gewicht von 1 Cubicruthe Luft = 70 Pfd.

Man darf diese Abrundung um so mehr annehmen,
als bisher allgemein 1 Cubic Meter Luft = $1,299 \text{ Kil.}$
angenommen wurde, statt $1,293$, mithin fast $\frac{1}{4}$ Procent
höher als die neuere Zahl.

- e) Das Gewicht von 1 Cubicfuss Gusseisen von der
Dichte $7,027$ gleich $389,178 \text{ Pfd.}$, wofür man rechnen
würde 390 Pfd. Das Gewicht von 1 Cubicfuss Schmied-
eisen von der Dichte $7,788$ gleich $420,552 \text{ Pfd.}$, wofür
man setzen würde 420 Pfd. Im rohen Durchschnitt das
Gewicht von 1 Cubiceisen = 4 Ctr. , oder das Ge-
wicht von 1 Cubiczoll Eisen = $0,4 \text{ Pfd.}$
- f) Die Acceleration der Schwere $g = 9^{\text{m}},81 = 32,7 \text{ Fuss}$
(genauer $32,696$), $\sqrt{2g}$ nahe = 8 , genauer = $8,0866$.
- g) Eine deutsche Wärmeeinheit = $\frac{1}{2}$ metrischen Wärme-
einheit, weil $1 \text{ Pfd.} = \frac{1}{2} \text{ Kil.}$ Die Wärmecapacitäten
so wie die Zahlen, welche die Heizkraft der Brennstoffe
angeben, bleiben in beiden Maasssystemen gleich.
- h) Das mechanische Aequivalent einer metrischen Wärme-
einheit beträgt $424^{\text{km}} = 424 \cdot \frac{100}{15} \text{ Fusspfund} = 2826$
Fusspfund, mithin das deutsche Aequivalent der Wärme
= 1413 Fusspfund ; wieder eine leicht zu merkende
Zahl, die zur Zahl 424 im Verhältniss $10 : 3$ steht.

Mit den letzteren Vergleichen will ich nur andeuten,
dass selbst bei der Durchführung des neuen Maasses in wissen-
schaftlichen Werken immer noch die Beziehung zu dem jetzt
in solchen Werken üblichen Metermaass eine einfache ist,
ohne damit eben befürworten zu wollen, dass man sich in
theoretischen Werken wirklich dieses Maasses bedienen soll.

Im Gegentheil dürfte es bei dem Umstande, dass so viele
französische Werke, theils im Original theils in der Ueber-
setzung gelesen werden und gelesen werden müssen, für das
Studium am bequemsten sein, wenn man in allen theoretischen
Untersuchungen das Metermaass so wie das Kilogramm unver-
ändert beibehält, und nur die für den unmittelbar practischen
Gebrauch bestimmten Formeln auf das für die Ausführung
wohl entschieden bequemere Fussmaass und Pfundgewicht be-
zieht, das sich mit der grössten Leichtigkeit im wirklichen
Leben durchführen lassen wird, während die Einführung des
Meters auf grossen Widerwillen stossen würde.

*) Vorgetragen in der Wochenversammlung am 26. März 1859.

Es bliebe dann einer Naturforscher-Versammlung die Aufgabe den Antrag zu stellen und in weiterer Folge zu beschliessen, dass alle in deutscher Sprache erscheinenden wissenschaftlichen Originalwerke und Uebersetzungen auch in dem neuen Maass durchgeführt werden sollen, und nur wenn es auf einer solchen Versammlung einer überwiegenden Majorität angemessen erscheinen sollte auf einen solchen Vorschlag einzugehen, dann erst wäre es zeitgemäss, wenn sich jeder Einzelne dem zum Beschlusse erhobenen Antrage fügte. Vor der Hand aber wird man gut thun in allen wissenschaftlichen Mittheilungen beim Meter und Kilogramm zu bleiben und sich zu begnügen, dass ein einfaches Verhältniss der theoretischen und practischen Maasse hergestellt sei.

Wir haben das neue Maass bisher mit dem metrischen Maasse verglichen. Es dürfte aber auch ein Vergleich mit dem Wiener Maasse am Platze sein. Es sei mir daher erlaubt, da es noch keine officielle Benennung für den erst projectirten deutschen Eisenbahnfuss gibt, denselben zur Unterscheidung mit dem Namen „Neufuss“ zu belegen, analog dem Neugroschen und Neukreuzer. Ich lege der Vergleichung die in Weisbach's Ingenieur enthaltenen Angaben zu Grunde.

Es ergibt sich:

1 Ruthe = 1,58173 Wiener Klafter;
1 „ = 9' 5" 10", 6 Wiener Maass;
1 Neufuss = 0,949035 Wiener Fuss = 11' 4 1/2" W.-M.
Der Neufuss ist sehr nahe um 5 Pct. kleiner als der Wiener-Fuss.

1 Neuzoll = 11,38842 Wiener Zoll = 13 1/2 Wiener Linien.
1 Neulinie = 1,3666 Wiener Linien.
1 Neupunct = 0,13666 Linien ungefähr = 1/3 Linien.
1 Quadratruthe = 2,50185 Quadratklaster = 90,067 □'.

Es stehen also Quadratruthen und Wiener Quadratklaster sehr nahe in dem uns wohlbekannten Verhältniss von 4 : 10, 4 Quadratruthen = 10 Quadratklaster. Der Fehler in diesem Verhältniss ist nur so gross, dass ein österreich. Joch = 1600 Quadratklaster nicht 640, sondern nur 639,526 Quadrat-ruthen gibt.

Der badische Morgen enthält aber nur 400 Quadratruthen, verhält sich also zu unserem Joch nahe wie 5 : 8.

1 Neu Quadratfuss = 0,900667 Wiener Quadratfuss.
1 Neu Quadrat Zoll = 1,2970 Wiener Quadrat Zoll.
1 Cubicrute = 3,95724 Cubicklaster, also ungefähr 4 Cubicklaster.

1 Neu Cubicfuss = 0,85476 Wiener Cubicfuss.
1 Neu Cubic Zoll = 1,4770 Cubic Zoll.

Ferner:

1 Wiener Fuss = 1,05370 Neufuss.
1 Wiener Elle = 2,465 Wiener Fuss = 2,5974 Neufuss, also sehr nahe = 26 Neuzoll.

Die badische Elle hat 2 Fuss oder 20 Neuzoll.

Die noch stark im Gebrauche befindliche Pragerelle = 1,8753 Wiener Fuss hat 19,76 Neuzoll, kommt also der badischen Elle von 2 Neufuss sehr nahe.

Eine österreich. Meile = 4000 Wiener Klafter = 25289 Neufuss.

Eine geographische Meile = 1/12 des mittleren Meridian-grades = 3905,6 Wiener-Klafter = 24691 Neufuss.

Eine badische Meile = 2 Wegstunden à 1/4 Grad, also = 1 1/2 geogr. Meilen = 8888 1/2 Meter = 29629,63 Neufuss.

Die festzusetzende Eisenbahnmeile hat mit der Grösse der Erde nichts zu schaffen, sondern muss mit dem Neufuss in einfachem Verhältniss stehen, z. B. wäre die projectirte Meile = 25000 Neufuss = 7 1/2 Kilom. ganz passend.

1 Kilom enthält nur 3333 1/3 Neufuss, die englische Meile ist sehr nahe = 5080 Neufuss.

Eine Wiener-Maass = 0,0448 Wiener-Cubicfuss = 0,0524 Neucubicfuss.

Eine badische Maass, Schweizer Maass = 1 1/2 Liter = 1/2 oder 0,05555 Neucubicfuss, also nahe gleich der Wiener Maass.

Eine englische Gallon = 3,029 solcher Maass. — 100 Maass sind in Baden = 1 Ohm, 10 Ohm = 1 Fuder.

1 Wiener Metzen = 1,9471, Wiener Cubicfuss = 2,2780 Neucubicfuss, sehr nahe = 41 badische Maass.

Statt dessen hat die badische Malter 100 Maass (Mäassele).

Es sind also wieder ungefähr 4 Malter = 10 Metzen.

Noch erlaube ich mir eine Bemerkung bezüglich der Voranschlagsberechnungen. Bei Bauplänen ist die kleinste Längeneinheit der Zoll, im Vorausmaass ist die kleinste Fläche der Klafterzoll und der kleinste Körperinhalt der Schachtklafterzoll. Es handelt sich darum: Auf wie viele Decimalstellen hat man in einem solchen Vorausmaass zu rechnen, wenn die Ruthe als Einheit dient?

1 Wiener Klafter = 0,6322 Ruthen, 1 □' = 0,4 □ Ruthen.

1 Cubicklaster = 0,2529 Cubic-Ruthen, mithin:

1 Wiener Zoll = 0,0088 Ruthen.

1 Klafterzoll = 0,0056 □ Ruthen.

1 Schachtzoll = 0,0035 Cubicruthen.

Die bei den jetzigen Rechnungen gestatteten Fehler sind also:

1/2 Klafterzoll = 0,0028 □ Ruthen.

1/2 Schachtzoll = 0,0017 Cubicruthen.

Hieraus ist ersichtlich, dass die dritte Decimalstelle unbedenklich um ein bis zwei Einheiten gefehlt sein darf, dass man also nie auf mehr als drei Decimalstellen abgekürzt zu rechnen braucht, z. B.

Die Hauptmauern sind zusammen lang 22,26 Ruthen;

„ „ „ „ dick 0,30 „

„ „ „ „ hoch 1,35 „

Cubicmaass . 9,015 Ruthen.

Dass diess zum mindesten mit geringerer Gefahr des Fehlens zu rechnen und für den Kostenüberschlag in österr. Währung entschieden bequemer sei, wird sich kaum bestreiten lassen.

Ich schliesse hiemit meine Vergleichung, welche nicht beabsichtigt, thunlichst genaue Zahlen vorzubringen, sondern nur die wesentlichsten Maassreformen vor Augen zu führen, welche wir muthmasslich und hoffentlich in nächster Zukunft entweder theilweise oder vollständig zu gewärtigen haben.

Gustav Schmidt,

k. k. Kunstmeister,

Nachschrift

zu dem Aufsatz:

Ueber eine neue Hochdruck-Expansions-Dampfmaschine.

(Seite 51, Jahrgang 1859, der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins *).

In dem so eben erschienenen zweiten Supplementbände von Prechtl's technologischer Encyclopädie wird unter dem Artikel „Dampf-Maschinen“ ebenfalls eine „Trunkmaschine“ angeführt, welche auf den ersten Blick betrachtet fast der von mir beschriebenen gleicht. Dagegen ist das Princip, auf welchem dieselbe beruht, ein anderes. Der obere, mit der ringförmigen Kolbenfläche correspondirende Canal wird nämlich vom Schieber weder geöffnet noch geschlossen, derselbe communizirt vielmehr fortwährend mit dem Kessel, während die untere, kreisförmige Kolbenfläche (deren Area gleich dem doppelten Querschnitte des Trunkes ist) nur für den Aufhub Dampf erhält. Das Spiel dieser Maschine besteht also darin, dass der, auf der oberen, ringförmigen Fläche des Kolbens stehende Dampf den Niederhub bewirkt, wobei der untere Theil des Cylinders mit der Atmosphäre communizirt, worauf der beim Beginne des Aufhubes unten zugelassene Dampf vermöge der Differenz zwischen den beiden Kolbenflächen den Aufhub bewirkt und dabei den, über dem Kolben befindlichen Dampf in den Kessel zurückdrängt.

Dieselbe Wirkung liesse sich auch mit einer einfachwirkenden Dampfmaschine, deren Cylinder oben offen und an deren Kolbenstange ein todttes Gewicht ist, welches gleich der Hälfte desjenigen Druckes ist, den der Dampf auf die untere Kolbenfläche ausübt, erreichen.

Da eine solche Maschine keine Expansion zulässt, so ist nicht einzusehen, welchen Vorthail dieselbe vor einer gewöhnlichen doppeltwirkenden Dampf-Maschine haben soll.

Ferner befindet sich im Nr. 170 (vom 1. April 1859, S. 226) des „Engineer“ Beschreibung und Zeichnung einer „Trunkmaschine“ von W. Smith, deren Construction der meinigen gleichfalls sehr ähnlich ist. Dieselbe stellt eine Schiffs-Maschine von 80 Pferdekraft dar, wobei zwei Trunk-Cylinder unter einer Neigung von 25 bis 30° einander gegenüber stehen und deren Pleiellstangen auf die gemeinschaftliche Kurbel der Radwelle wirken; senkrecht unter dieser letztern und zwischen beiden Cylindern befindet sich der Condensator mit der Luftpumpe. Diese Beigabe ist es, welche, nachdem sie durchaus nicht mit dem Principe solcher Trunkmaschinen harmonirt, diese Construction unausführbar erscheinen lässt; denn nachdem bei derselben die Atmosphäre auf die Querschnittsfläche des Trunks einen constanten Druck ausübt, so entsteht eine Ungleichheit der Kraftmomente, welche weder „ein gewisses, zwischen der obern und untern Kolbenfläche einerseits, und zwischen dem Drucke des Dampfes vor und nach der Expansion andererseits zu wählendes Verhältniss“ (wie der Patent-Inhaber meint), noch auch die geringe Neigung der Cylinder zwischen 25 und 30° aufzuheben im Stande ist. (Diesen Zweck zu erreichen müsste man beide Cylinder in eine und dieselbe Achse einander gegenüber legen, wodurch dann nicht zwei, sondern vier Cylinder erforderlich

wären.) Diese Ungleichheit des Spieles ist aber so bedeutend, dass man sie am allerwenigsten bei einer Schiffsmaschine riskiren darf. Ferner ist nicht einzusehen, wesshalb der Constructeur einen röhrenförmigen Schieber mit vier Dichtungsflächen (ähnlich dem Vertheilungsschieber der Woolfischen Maschinen von Escher, Wyss und Comp., siehe „Engineer“, S. 242, Band V.) anwendet, da sich doch die Vertheilung des Dampfes mit dem von mir angegebenen D-Schieber eben so gut bewerkstelligen lässt. Abgesehen von alledem muss eine Schiffsmaschine vor allen Dingen sicher und schnell reversiren, ein Erforderniss, dem die erwähnte Construction in keinem Falle genügen wird können, da man bei dieser Manipulation zweimal Dampf geben müsste.

Prag, am 25. April 1859.

Otto Müller.

Mittheilungen des Vereines.

In der Wochenversammlung am 16. April sprach Herr Prof. P. T. Meissner über Pettenkofer's Werk: „Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858,“ und bestritt unter Anderen die darin enthaltene Angabe, dass der Luftwechsel grossentheils durch die gemauerten Wände selbst stattfindet.

Hr. Alfred Lorenz, k. k. Ingenieur, hielt einen Vortrag über Tunnel-Zimmerung, indem er die Grundsätze derselben erörterte und durch zahlreiche Zeichnungen erklärte, und zum Schlusse interessante Angaben über das Fortschreiten und die Kosten der wichtigsten Tunnelbauten mittheilte. — Hr. A. Lorenz ist übrigens im Begriffe über diesen Gegenstand ein eigenes Werk zu veröffentlichen.

In der Wochenversammlung am 30. April sprach Herr Prof. P. T. Meissner über die Ventilation, indem er erörterte, dass eine reine und zweckmässige Ventilation von Wohngebäuden einzig und allein durch Temperaturdifferenz und zwar durch die von ihm eingeführte Heizung mit erwärmter Luft möglich sei.

Hr. k. k. Kunstmeister Gustav Schmidt sprach sodann über die verschiedenen Verbesserungen des Watt'schen Schwungkugel-Regulators, die in neuerer Zeit vorgeschlagen wurden.

Einer jeden Stellung der Schwungmassen entspricht eine gewisse Winkelgeschwindigkeit, bei der die auf diese Massen wirkenden Kräfte, das Gewicht derselben und die entstehende Spannung im Gestänge oder an der Leitcurve, sich zu einer Resultirenden gleich der Centripetalkraft vereinigen, unter deren Einfluss es eben möglich ist, dass die Schwungmassen ähnlich einem Himmelskörper eine kreisförmige Bewegung annehmen, ohne ihren Ausschlagwinkel zu ändern.

Diese Gleichgewichtsgeschwindigkeit ist in den beiden äussersten Lagen bei einem in den üblichen Verhältnissen construirten Watt'schen Regulator etwa um den sechsten Theil der mittleren Gleichgewichtsgeschwindigkeit verschieden.

Diese grosse Verschiedenheit gab Anlass zur Construction des Frankeschen parabolischen Regulators, dem in jeder Lage die gleiche Gleichgewichtsgeschwindigkeit zukommt. Aus diesem entstand der pseudoparabolische Regulator, beschrieben im Dingle'schen Journal B. 138, S. 321, bei welchem die Parabel durch einen Kreisbogen ersetzt ist, der so gewählt ist, dass den beiden äussersten Lagen gleiche Gleichgewichtsgeschwindigkeit zukommt. Der Mittelpunkt des Kreisbogens fällt hierbei auf die der Schwungmasse entgegengesetzte Seite. Derselbe Zweck kann aber auch erreicht werden, wenn man bei einem gewöhnlichen Watt'schen Regulator das Auseinandergehen der Kugeln unterstützt, und zwar entweder indem man das Gestänge und die Hülse balanzirende Gegengewicht an einem schräg aufwärts gerichteten Hebelsarm anbringt, der desto mehr in die horizontale Lage kommt, je weiter die Kugeln auseinander gehen (Karlsruher Maschinenfabrik); oder indem man Gegenmassen anbringt, deren Einfluss mit dem Auseinandergehen der Hauptmassen abnimmt (Kraus, Civilingen. V, 1. Heft)

*) Nach dem Schlusse des April-Hefes am 26. April eingelangt. D. R.

Alle diese Regulatoren haben aber den niemals ganz vermeidlichen Fehler der Unstabilität in noch weit höherem Grade als der Watt'sche Regulator. Ingenieur Klug weist diess im Civilingen. IV. B., 7. Hft. insbesondere für den pseudoparabolischen Regulator nach, indem er zeigt, dass zwischen den beiden äussersten Lagen, welche gleicher Winkelgeschwindigkeit entsprechen, eine Lage sich befindet, in der die Gleichgewichtsgeschwindigkeit ein Minimum ist. Er sieht das continuirliche Wachsen der letzteren mit dem Auseinandergehen der Kugeln als eine Hauptbedingung der Construction an, ohne welche eine genügende Stabilität nicht zu erreichen ist, und ist nur darauf bedacht, dieses Wachsen kleiner zu machen als beim Watt'schen Regulator. Er rückt daher den Aufhängepunkt des pseudoparabolischen Regulators so weit zur Achse hin, dass die tiefste Lage dem Minimum der Geschwindigkeit entspricht. Zugleich nimmt er aber alle Dimensionen circa doppelt so gross als man sie üblicher Weise bei Watt'schen Regulatoren zu machen pflegt, und erzielt auf diese Weise eine den Zweck möglichst vollkommen erreichende Construction. Hr. Schmidt erläuterte den Gegenstand durch eine möglichst kurz gehaltene Rechnung.

Literatur-Bericht.

Die Luftbahn auf den Rigi. System einer Communication mit Höhen, mit Anwendung der Luftballone als Locomotive. Von Friedrich Albrecht, Architect. Mit 4 Taf. Abbild. Winterthur 1859.

Den vielfältigen Versuchen und Vorschlägen, welche schon gemacht wurden, um aus der Anwendung der Luftballons Vortheile für das practische Leben, namentlich für den Verkehr, zu ziehen, hat Herr Friedrich Albrecht, Architect in Winterthur, einen neuen hinzugefügt, welcher in einem Werkchen unter obigem Titel zur Kenntniss des Publicums gebracht wird.

Alle seitherigen Versuche, den Luftballons eine bestimmte Richtung anzuweisen, haben noch zu keinem befriedigenden Resultate geführt. Dagegen macht Herr Albrecht einen Vorschlag, welcher alle Beachtung verdient, indem seiner practischen Ausführbarkeit kein unüberwindliches Hinderniss entgegen zu stehen scheint. Derselbe geht nämlich dahin, bei Eisenbahnen, welche zur Ersteigung steiler Höhen dienen sollen, den Luftballon als Zugmaschine anzuwenden, oder mit anderen Worten, die am Ballon hängende Gondel, zur Beförderung von Passagieren und Waaren, soll durch eine Eisenbahn ihre feste Leitung erhalten. — Die Neigung dieser Bahn müsste, nach Ansicht des Herr Verfassers, zwischen 15 und 45 Grad betragen, um eine gehörige Geschwindigkeit zu erreichen, nur an beiden Endpunkten der Bahn sollen, um das Fahrzeug zum Stillstande zu bringen, horizontale oder gering geneigte Strecken vorhanden sein.

Wesentliche Bedingungen zur Durchführung des Betriebes einer solchen Luftbahn sind:

1. Herstellung von grossen Ballons (bis zu 20 Meter Durchmesser) von einem dichten, dabei möglichst leichten und dauerhaften Stoffe.
2. Verfügbarkeit einer hinreichenden Menge von Ballast, um die Thalfahrten zu bewerkstelligen.

Was den ersten Punct betrifft, so glaubt der Herr Verfasser im Kautschuk den geeigneten Stoff gefunden zu haben, für welchen er überdiess ein besonderes Verfahren besitze, ihn gegen Entweichen des einzuschliessenden Wasserstoffgases zu schützen.

Der nöthige Ballast für die Thalfahrten wird durch Regenwasser dargeboten, welches in eigenen Behältern von nicht übermässiger Grösse zu sammeln wäre.

Der Herr Verfasser berechnet die nöthige Menge Wasser, wenn von z. B. 20,000 Passagieren eines ganzen Sommers nur $\frac{2}{3}$ die Thalfahrt machen, mit 30,000 Cubicfuss, welches leicht aufgefangen werden könne.

(Sollte übrigens weder Wasser noch ein anderer Ballast zu Gebote stehen, so dürfte die heutige vorgeschrittene Mechanik noch andere Mittel darbieten, um die nöthige Ueberlast des Fahrzeuges gegenüber dem Ballon zu erzielen. — Es dürfte z. B. nur ein Theil des Gases durch zweckmässige Luftpumpen dem Ballon entzogen und in einen unter der Gondel befindlichen Behälter zusammengepresst werden.)

Ein wichtiges Bedenken, welches der Luftbahn entgegen zu stehen scheint, sind die Winde. — Indessen dürfte nur starker Gegenwind ein wirkliches Hinderniss darbieten und zeitweilig die Fahrten unmöglich machen. — Da jedoch auch bei unseren Dampfbahnen Fälle eintreten, in welchen die Fahrten durch Witterungs-Einflüsse theilweise oder gänzlich behindert werden, so gereicht dieser Mangel, welcher sich übrigens nur selten einstellen dürfte, der Luftbahn nicht ausschliesslich zum Vorwurfe.

Ueber die Anordnung der Eisenbahn, der Gondel, der Haltpunkte u. s. w. gibt der Herr Verfasser die nöthigen Andeutungen, welche ohne Schwierigkeiten practisch ausführbar sind.

Da sich hin und wieder interessante Höhenpunkte finden, welche von Vergnügungsreisenden häufig besucht werden, so dürfte die Luftbahn des Herrn Albrecht mehrfache Anwendung finden, wesshalb dessen originelle Idee der weiteren Prüfung und zu practischen Versuchen gewiss empfohlen zu werden verdient.

A. Strecker.

Vademecum des practischen Baumeisters, sämtlicher Baugewerksmeister und Techniker. Enthaltend in alphabetischer Ordnung die während der Bau-Praxis unentbehrlichen Notizen und Tabellen, überhaupt die Hilfsmittel zu schneller Anordnung, Vorschlagung und Berechnung, nebst Tagelohn- und Zinstabellen. Von Ludwig Hoffmann, Baumeister in Berlin. Dritte, gänzlich umgearbeitete Aufl. Berlin. Verlag von Gustav Bosselmann.

Das vorliegende Vademecum für Bauwerkmeister und Techniker des Berliner Baumeisters Ludwig Hoffmann enthält eine beachtenswerthe alphabetische Zusammenstellung und entsprechend kurze Beschreibung Alles dessen, was den Bauwerkmeistern, Technikern und auch manchen Industriellen nothwendig und wissenswerth ist.

Ausser obiger Beschreibung sind diesem Vademecum viele sehr practisch brauchbare Tabellen beigegeben.

Dieses Vademecum empfiehlt sich daher zu dem vorne angedeuteten Gebrauche, namentlich für Baugewerke, Techniker und Industrielle, in deren Ländern die in diesem Vademecum enthaltenen Maasse, Gewichte und Münzen gangbar sind.

Fig. 4.

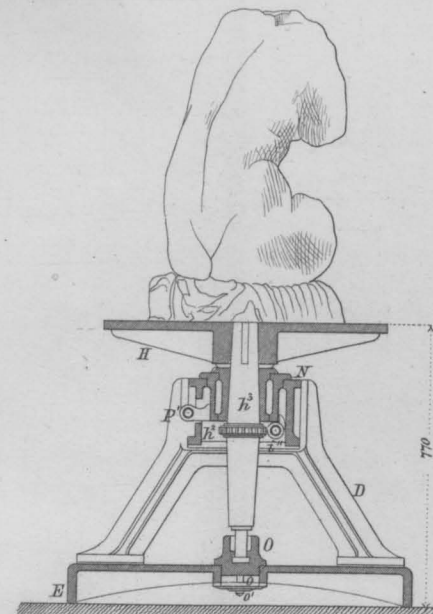
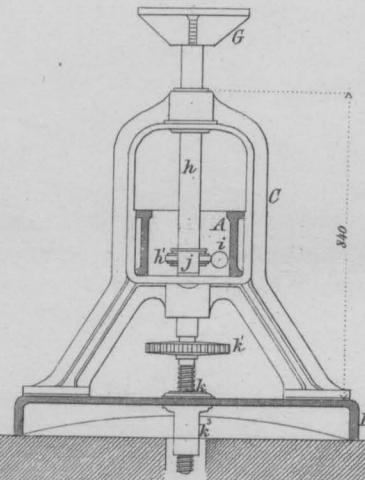


Fig. 5.



Maschine zum Sculptiren.

Fig. 1.

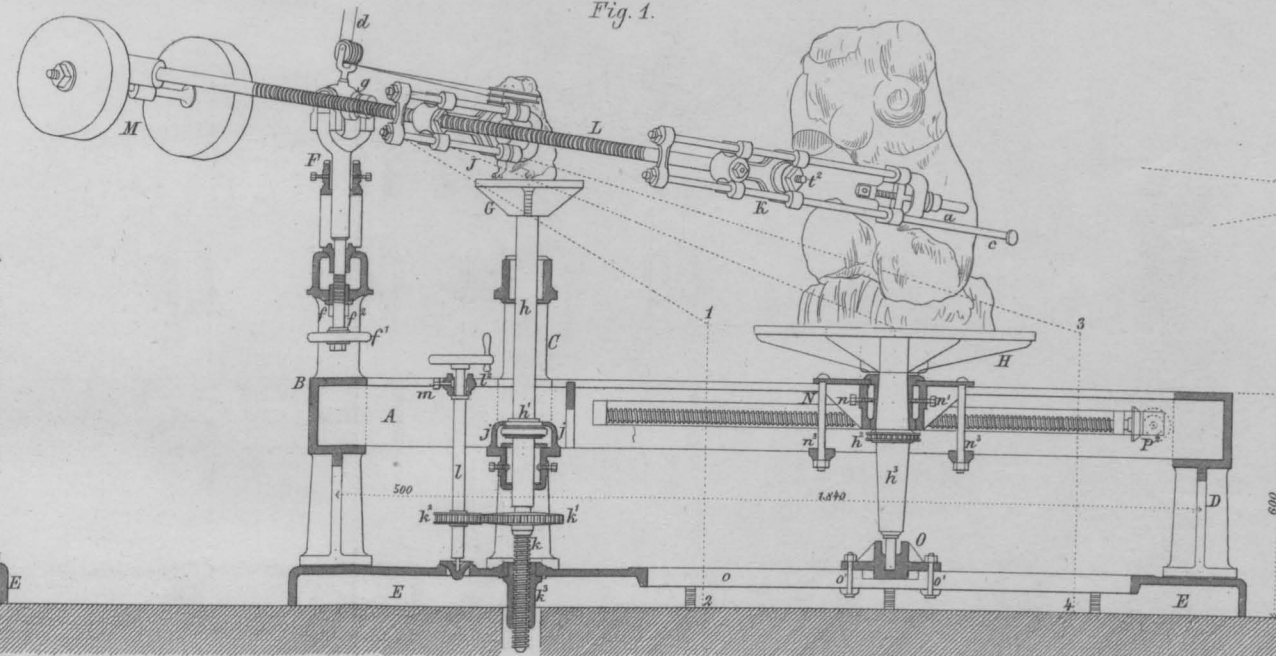


Fig. 3.

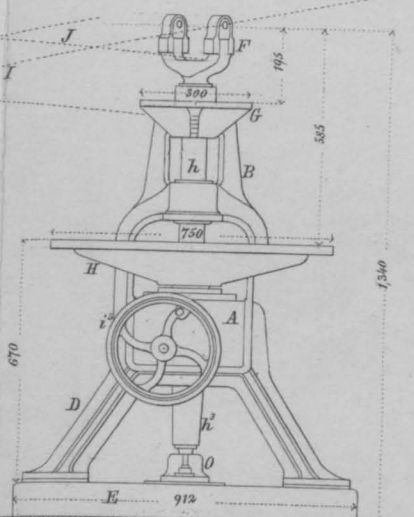


Fig. 20.

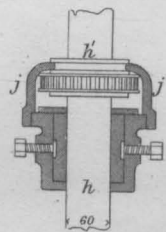


Fig. 17.

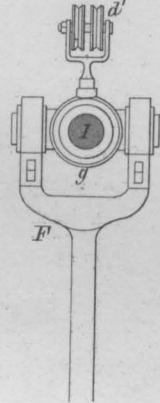


Fig. 18.

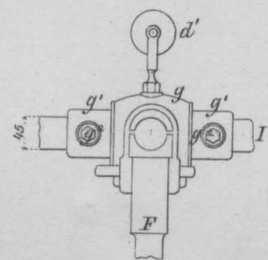


Fig. 19.

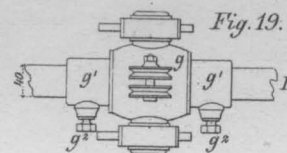


Fig. 21.

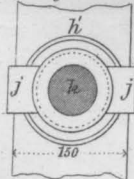


Fig. 11.

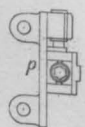


Fig. 12.



Fig. 8.

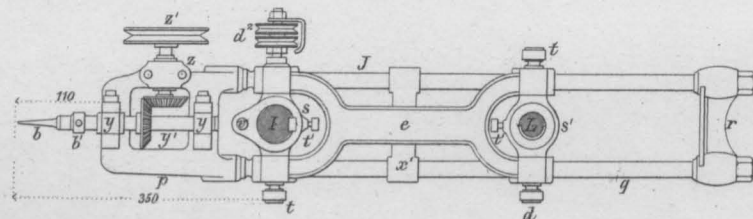


Fig. 9.

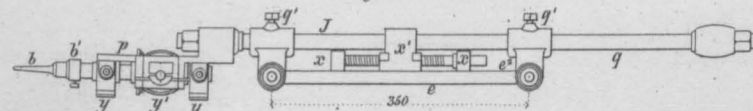


Fig. 2.

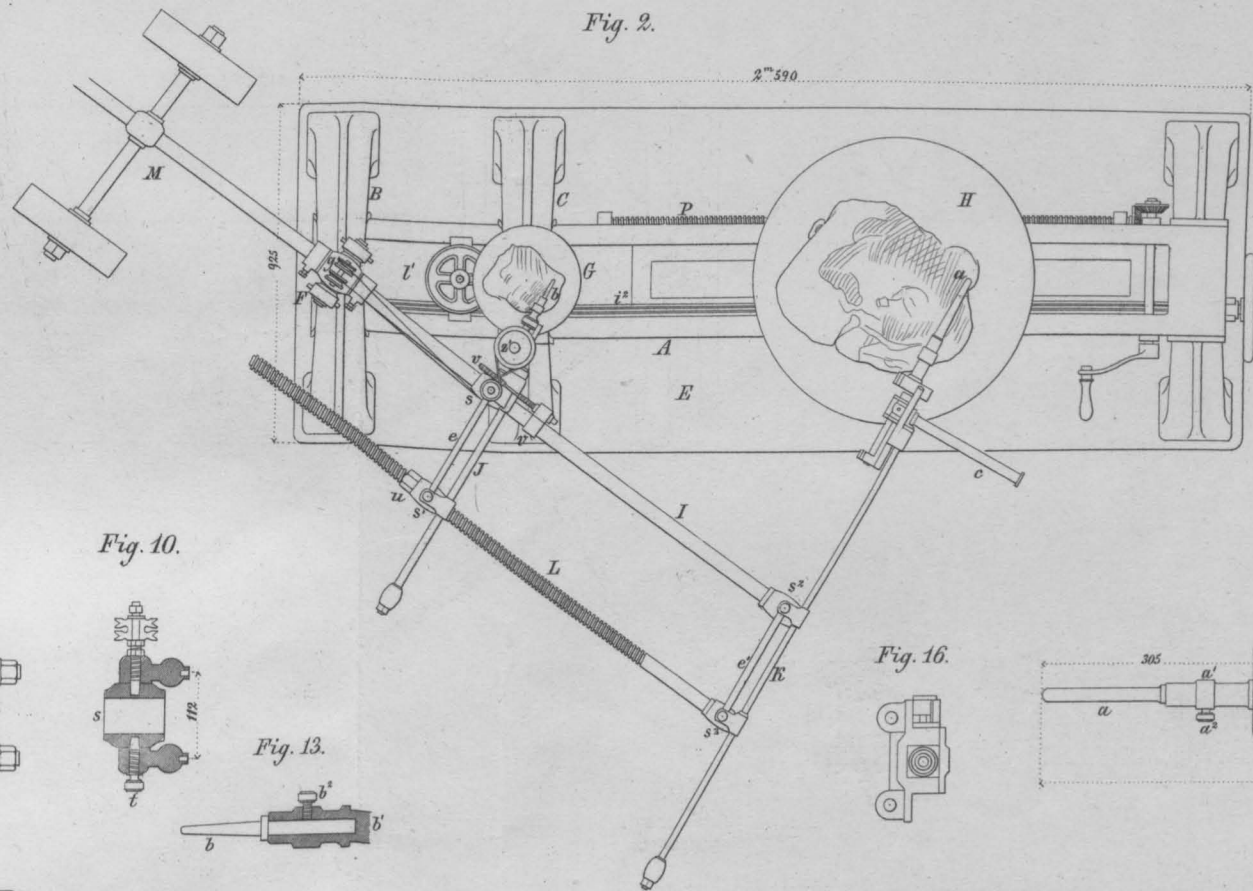


Fig. 10.

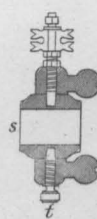


Fig. 13.

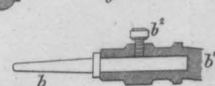


Fig. 16.



Fig. 6.

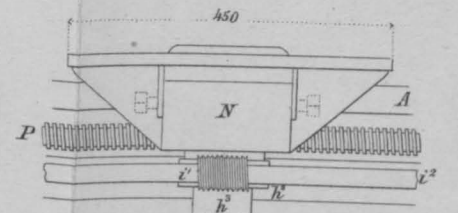


Fig. 7.

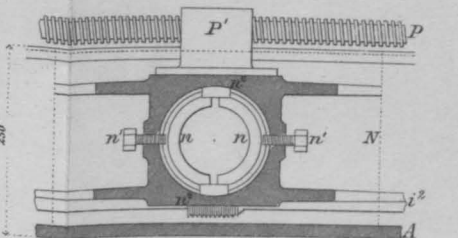


Fig. 14.

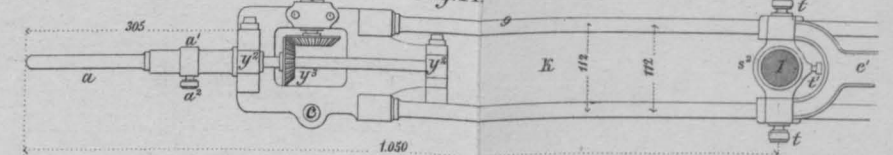
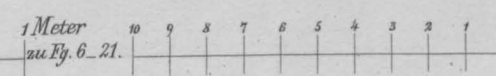
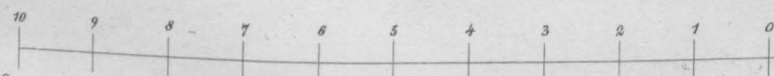
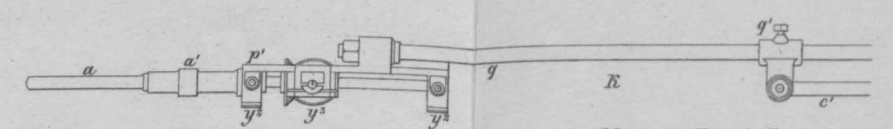


Fig. 15.



1 Meter zu Fig. 1-5.

